

ダム貯水池水質改善の手引き

平成 30 年 3 月

国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課

ま え が き

ダム貯水池水質改善の手引き（以下「本手引き」という。）は、ダム貯水池の水質改善対策を検討する上で一般的なプロセスを抽出・体系化し、その基本となる考え方をとりまとめたものである。

各ダム貯水池では、水質変化現象が問題となる場合、水質改善対策を導入し、水質変化現象に伴う影響の軽減・解消に努めている。しかし、現状で環境基準を満足していないダム地点は約3割^{※1}存在するとともに、約4割^{※2}のダム貯水池でアオコ等の富栄養化現象が確認されている。

厳しい財政状況の中で、水質改善対策をよりの確かつ効率的に進めていくためには、水質改善対策に関する知見やノウハウ、導入に当たっての留意点等を整理し、体系化して活用していくことが求められている。

このため、今般、国土交通省及び独立行政法人水資源機構が管理するダム貯水池において実施された水質改善対策検討の事例を集めて分析し、主に以下の観点を中心に、本手引きをとりまとめたものである。

- 水質改善対策の体系化・P D C Aサイクルの適用
- 順応的管理の導入
- 流域関係者との連携
- 学識者等からの指導・助言

本手引きは、ダム貯水池の水質改善対策を検討する上で一般的なプロセスを抽出・体系化したものであるが、ダム貯水池の水質改善対策はダムごとの水理・水文・流入負荷特性、流域の社会環境特性、求められる水質改善レベル、水質問題への対応の緊急性等により大きく異なることから、個々のダムにおける創意工夫を妨げるものではない。

水質変化現象に伴う水質問題が発生したダム貯水池の管理者は、本手引きの記載事項を参考に、流域関係者や学識者等と連携した取組等を進めつつ、対策実施の重要度や緊急性等を勘案した上で、よりの確かつ効率的に検討を進め、もってダム水質改善の進展が図られることを期待する。

なお、本手引き公表後には、本手引きに基づく各ダムでの水質改善対策の取組状況を定期的に点検し、環境基準の追加等の社会情勢の変化、技術開発の動向等を踏まえ、必要に応じて本手引きを見直すものとする。

※1:国土交通省及び独立行政法人水資源機構が管理するダムのうち、水質汚濁に係る環境基準の類型指定がなされているダム貯水池の水質調査結果（「平成28年全国一級河川の水質現況」のBOD調査地点及びCOD調査地点（COD調査地点は総窒素・総リンの達成状況含む））

※2:国土交通省及び独立行政法人水資源機構が管理するダムを対象として、平成27年度に国土交通省が実施したアンケート結果

委員会名簿

(順不同、敬称略、【 】は出席した委員会)

委員長	松尾 直規	(中部大学大学院工学研究科 教授)
委員	浅枝 隆	(埼玉大学大学院理工学研究科 教授)
〃	古賀 憲一	(佐賀大学 名誉教授)
〃	田中 宏明	(京都大学大学院工学研究科 教授)
〃	中野 伸一	(京都大学生態学研究センター 教授)
〃	南山 瑞彦	(国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ水質チーム 上席研究員) 【1, 2】
〃	小川 文章	() 【3, 4】
〃	松尾 和巳	(国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 水環境研究官) 【1, 2】
〃	植田 彰	() 【3, 4】
〃	川崎 将生	(国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室長)
〃	奥田 晃久	(国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課 河川環境保全調整官) 【3, 4】
〃	堀 与志郎	(国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課 流水管理室長) 【1, 2】
〃	丸山 準	() 【3, 4】
〃	一戸 欣也	(国土交通省東北地方整備局 河川部 河川保全管理官) 【1, 2】
〃	高橋 孝男	() 【3, 4】
〃	坂本 泰正	(国土交通省中国地方整備局 河川部 河川情報管理官)
〃	宮崎 寛章	(国土交通省九州地方整備局 河川部 河川保全管理官) 【1, 2】
〃	山本 佳久	() 【3, 4】
〃	山口健一郎	(独立行政法人水資源機構 ダム事業本部 ダム事業部次長) 【1, 2】
〃	益山 高幸	() 【3, 4】
事務局	武田 淳史	(国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課) 【1】
〃	榊井 正将	() 【3, 4】
〃	青地 絢美	() 【3, 4】
〃	松森 博	(流水管理室) 【1, 2】
〃	佐藤 彰	(流水管理室) 【3, 4】
〃	遠本 和也	(流水管理室)
〃	相馬 邦彦	(流水管理室)
〃	西村 宗倫	(国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室)

委員会開催	【1】第1回委員会	平成28年11月21日
	【2】第2回委員会	平成29年1月24日
	【3】第3回委員会	平成29年12月7日
	【4】第4回委員会	平成30年2月6日

※委員、事務局の所属役職は、参加当時のものである。また、途中で異動があった場合は最終参加時点のものである。

※【 】の記載のない委員については、全4回の委員会に出席している。

目 次

1. 総説	1
1-1. 目的	1
1-2. ポイント	2
1-3. 適用範囲	4
1-4. 位置づけ	5
1-5. 対象とする水質変化現象	8
2. 水質改善対策の体系化	11
2-1. 全体構成	11
2-2. 緊急対応プロセス	14
2-3. 対策検討・実施プロセス	15
2-3-1. 発生要因の推定	15
2-3-2. 対策検討・実施	16
2-3-3. 効果確認(対策検討・実施プロセス)	19
2-4. 維持管理プロセス	20
2-4-1. 効果確認(維持管理プロセス)	20
2-4-2. 運用・調査・対策施設の効率化検討	21
2-5. 連携・助言の活用	22
2-5-1. 流域関係者との連携	22
2-5-2. 学識者等からの指導・助言	26
2-6. ダム等管理フォローアップ委員会からの意見聴取	27
2-7. 情報提供	29
2-7-1. ダム管理状況等の情報提供	29
3. 対策検討・実施プロセス及び維持管理プロセスの具体的内容	30
3-1. 発生要因の推定	30
3-1-1. 発生源の推定	30
3-1-1-1. 概要	30
3-1-1-2. 冷・温水現象	31
3-1-1-3. 濁水長期化現象	31
3-1-1-4. 富栄養化現象	31
3-1-1-5. その他の水質変化現象	33
3-1-2. 発生メカニズムの推定	34

3-1-2-1. 概要	34
3-1-2-2. 冷・温水現象	36
3-1-2-3. 濁水長期化現象	36
3-1-2-4. 富栄養化現象	37
3-1-2-5. その他の水質変化現象	38
3-2. 対策検討・実施	40
3-2-1. 目標設定	40
3-2-1-1. 概要	40
3-2-1-2. 冷・温水現象	41
3-2-1-3. 濁水長期化現象	41
3-2-1-4. 富栄養化現象	42
3-2-1-5. その他の水質変化現象	43
3-2-2. 対策の一次抽出	45
3-2-3. 対策選定及び諸元設定	46
3-2-3-1. 概要	46
3-2-3-2. 冷・温水現象	47
3-2-3-3. 濁水長期化現象	49
3-2-3-4. 富栄養化現象	50
3-2-3-5. その他の水質変化現象	52
3-2-4. 対策の詳細設計	55
3-2-5. 運用ルールの設定及びモニタリング調査(実証運用時調査)計画立案	56
3-2-5-1. 概要	56
3-2-5-2. 冷・温水現象	56
3-2-5-3. 濁水長期化現象	57
3-2-5-4. 富栄養化現象	57
3-2-5-5. その他の水質変化現象	57
3-2-6. 対策の実施	59
3-3. 効果確認(対策検討・実施プロセス)	60
3-3-1. 対策効果発現状況の確認	60
3-3-1-1. 概要	60
3-3-1-2. 冷・温水現象	62
3-3-1-3. 濁水長期化現象	63
3-3-1-4. 富栄養化現象	63
3-3-1-5. その他の水質変化現象	65
3-3-2. 運用ルールの改善	67

3-3-3. モニタリング調査(管理運用時調査)計画立案	69
3-4. 効果確認(維持管理プロセス)	70
3-4-1. 対策効果発現状況の確認	70
3-5. 運用・調査・対策施設の効率化検討	72
3-5-1. 運用の効率化	72
3-5-2. モニタリング調査の効率化	73
3-5-3. 対策施設の効率化	74
4. 本手引きの適用に当たっての補足事項	75
4-1. 水質変化現象の発生状況等の情報収集	75
4-2. 本手引きの適用に関する技術的助言	76
附属資料	77
用語解説	77
FAQ	103

本書の構成

目次構成

本書は、大きく4つの章と付属資料により構成している。

1. 総説

水質改善対策を実施する際の基本的な考え方、本書の適用範囲、水質改善対策と関係する河川砂防技術基準やマニュアル等との関係について記載している。

2. 水質改善対策の体系化

水質変化現象が発生した際の緊急時の対応から、対策の検討、対策実施後の維持管理までの一連のプロセスの概要を記載している。

3. 対策検討・実施プロセス及び維持管理プロセスの具体的内容

体系化した水質改善対策のうち「対策検討・実施プロセス」及び「維持管理プロセス」において実施する内容について、事例等も適宜交えながら詳細な解説を記載している。

4. 本手引きの適用に当たっての補足事項

本手引きに基づいて各ダム貯水池において水質改善対策を行う際に必要と考えられる補足事項について記載している。

付属資料

本手引きで用いている用語の解説並びに本手引きで特に重要と思われる事項等についてFAQを記載している。

各章の構成

本書の各章における構成を以下に示す。

(箱書き)

水質改善対策を検討する上で、基本となる事項を記載している。

【解説】

箱書きに記載した事項の背景となる考え方や具体的な実施事項等について、解説を記載している。

【参考文献】

箱書き、解説に記載した事項に関連する文献として、公表されている基準、マニュアル、書籍等を記載している。

なお、【解説】では、特に重要な部分を_____ (下線)で強調している。

1. 総説

1-1. 目的

本手引きは、ダム貯水池の水質改善対策をよりの確かつ効率的に進めていくことを目的に、水質改善対策を実施するに当たっての一連の工程を体系化するとともに、各工程の基本となる検討事項等を示すものである。

【解説】

ダム貯水池の水質改善対策については、ダムごとに水理・水文・流入負荷特性、流域の社会環境特性、求められる水質改善レベル、水質問題への対応の緊急性等が異なることから、これら様々な要素を考慮した、体系的な検討が重要である。

本手引きは、ダム貯水池の水質改善対策を検討する上で一般的なプロセスを抽出・体系化し、その基本となる考え方をとりまとめたものである。

水質変化現象に伴う水質問題が発生したダム貯水池の管理者は、本手引きの記載事項を参考に、流域関係者や学識者等と連携した取組等を進めつつ、対策実施の重要度や緊急性等を勘案した上で、よりの確かつ効率的に検討を進め、もってダム水質改善の進展を図ることとする。

なお、本手引き公表後には、本手引きに基づく各ダムでの水質改善対策の取組状況を定期的に点検し、環境基準の追加等の社会情勢の変化、技術開発の動向等を踏まえ、必要に応じて本手引きを見直すものとする。

1-2. ポイント

本手引きでは、ダム貯水池において水質改善対策を実施する上でのポイントを水質改善対策の体系化・P D C Aサイクルの適用、順応的管理の導入、流域関係者との連携、学識者等からの指導・助言とする。

【解説】

1. 水質改善対策の体系化・P D C Aサイクルの適用

国土交通省 河川砂防技術基準 維持管理編(ダム編)では、「ダム施設及び貯水池の維持管理は、計画の策定(P)、状態把握(D)、分析・評価(C)及び対策(A)のP D C Aサイクルにより行うとともに、維持管理において得られたデータを蓄積し、計画的な維持管理に反映することを基本とする」とされている。

本手引きでは、これを踏まえて、水質変化現象が発生した際の緊急対応から、対策の検討・実施、対策実施後の維持管理までを一連のプロセスとして体系化した上で、ダム貯水池における水質改善対策において適用するP D C Aサイクルについて記載している。

2. 順応的管理の導入

水質改善対策の種類や対象とする水質変化現象によっては、その効果がトレードオフの関係となる場合がある。また、水質改善対策の実施は、副次的な作用により当初想定していなかった別の水質問題を引き起こす可能性がある。このような対策による効果や副次的に発生する影響、ダム貯水池の水質の将来予測等には不確実性が含まれることが多い。したがって、対策検討の段階から、不確実性を想定した対応策についてあらかじめ検討し、改善効果等をモニタリングしながら段階的に対策を実施する順応的管理(アダプティブマネジメント)の導入を検討することが必要である。

本手引きでは、これを踏まえ、水質変化現象の発生要因の推定や水質改善対策の検討を行う上で重要となる不確実性の事例、現状の技術を踏まえた対応等、順応的管理(アダプティブマネジメント)の考え方等について記載している。

3. 流域関係者との連携

本手引きは、ダム管理者の手引きとすることを目的としているため、ダム管理者が主体となって取り組むべき検討の流れを中心に整理しているが、ダム貯水池の水質改善対策は、流域全体(水質変化現象の発生源となる上流域の状況、下流域関係者の水質の受け止め方やニーズ等を含む。)を考えて、流域関係者と連携して取り組むことが重要である。

本手引きでは、これを踏まえ、流域関係者との連携等について記載している。

4. 学識者等からの指導・助言

ダム貯水池で発生する水質変化現象の中には、富栄養化現象のように生物・化学・物理的

に複雑でいまだ未解明な部分も多く残されている現象がある。そのため、ダム貯水池における水質改善対策を進めるためには、学識者等に協力を仰ぎ、ダム貯水池での水質状況の把握や水質改善対策について適宜指導・助言が得られる体制を構築しておくことが重要である。

本手引きでは、これを踏まえ、学識者等から指導・助言を得る意義や目的について記載している。

1-3. 適用範囲

本手引きは、河川管理施設として設置された管理中のダムに適用する。

【解説】

本手引きは、河川法第3条の規定に基づく河川管理施設のダム（同法第17条に規定する兼用工作物のダム、特定多目的ダム法第2条に規定する多目的ダム、独立行政法人水資源機構法第2条に規定する特定施設を含む。）の水質改善対策に適用する。

なお、現在計画中のダムについては、「ダム事業における環境影響評価の考え方（河川事業環境影響評価研究会、平成12年3月）」における環境保全措置の考え方にに基づき実施する。

【参考文献】

1) ダム事業における環境影響評価の考え方：河川事業環境影響評価研究会、平成12年3月

1-4. 位置づけ

本手引きは、水質変化現象に伴う水質問題が発生した際に、ダム管理者が行う水質改善に係る検討の手順を体系的にとりまとめたものである。

【解説】

ダム貯水池における水質改善対策については、「国土交通省 河川砂防技術基準 維持管理編(ダム編)」において「第2章 第4節 貯水池の維持管理対策 4.3 水質保全対策」として記載されている。本手引きは、この河川砂防技術基準の参考資料として、水質改善対策を実施する上での考え方や検討の手順、対策を選定するためのフロー等にとりまとめたものである。

また、水質改善対策の運用に関するマニュアルとして、「曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案)」が平成17年10月に公表されている。曝気循環施設及び選択取水設備の運用については、このマニュアルも参考となる。

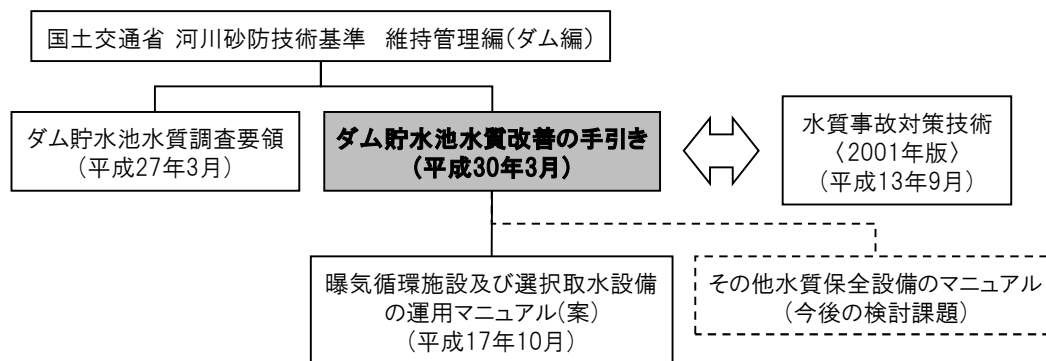


図 1-1 ダム貯水池水質改善の手引きとその他基準等との関係

次章の「2. 水質改善対策の体系化」は、図 1-2 に示す「詳細調査開始に関するフロー」(ダム貯水池水質調査要領 H27.3 図Ⅱ-5-1 より抜粋)のうち赤枠部分を具体的に示したものである。

また、ダム貯水池水質調査要領(以下「調査要領」という。)において定められている「基本調査(定期調査)」、「詳細調査」、「水質保全設備管理運用調査」の結果は、水質改善対策の体系化に基づく各作業フローにおいて活用される(表 1-1 参照)。その中でも「詳細調査」及び「水質保全設備管理運用調査」は、ダム貯水池において水質変化現象が発生した際に、その発生要因の推定や対策検討、水質改善対策の実施後の効果確認等に資するデータを得るために実施される調査である。

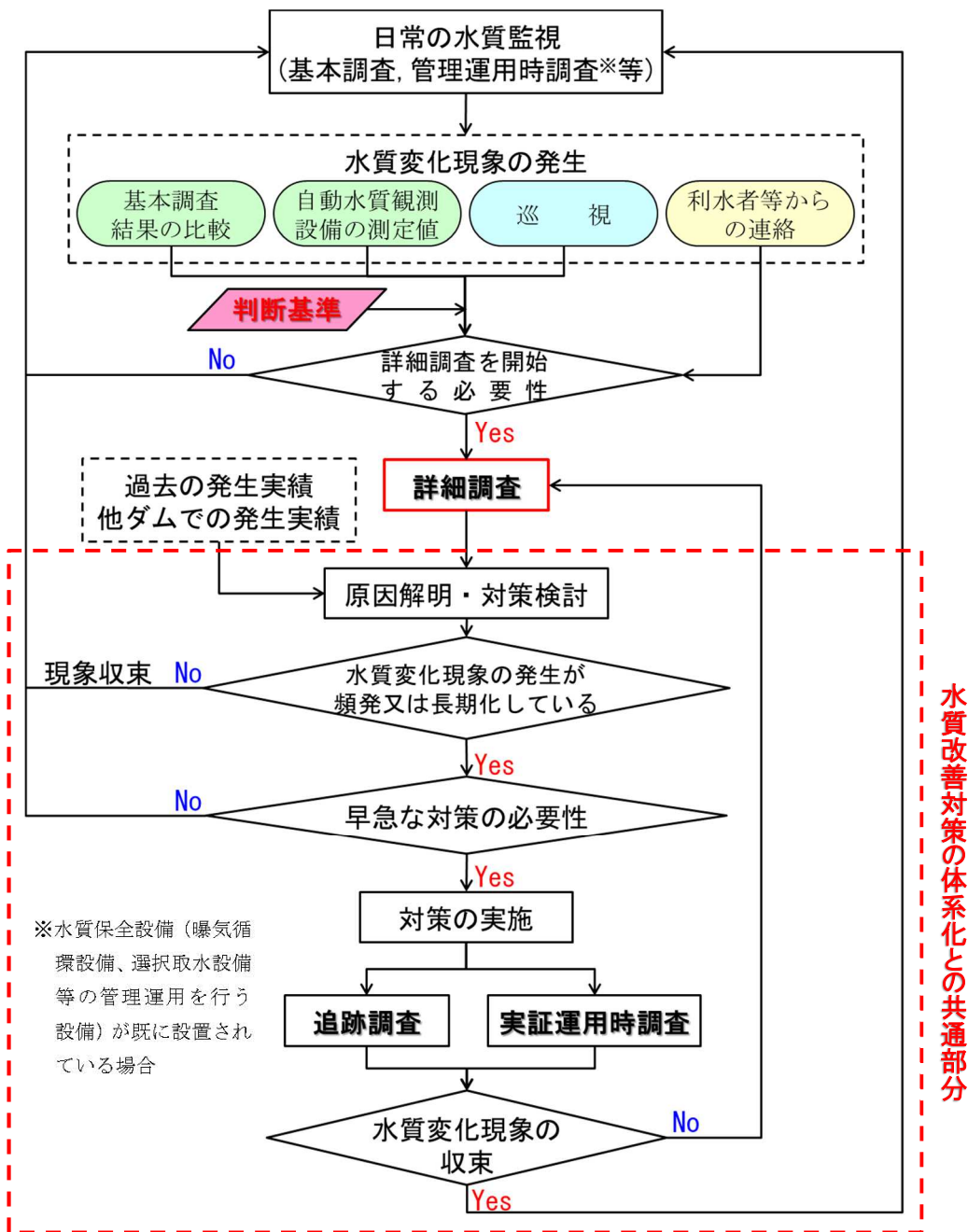
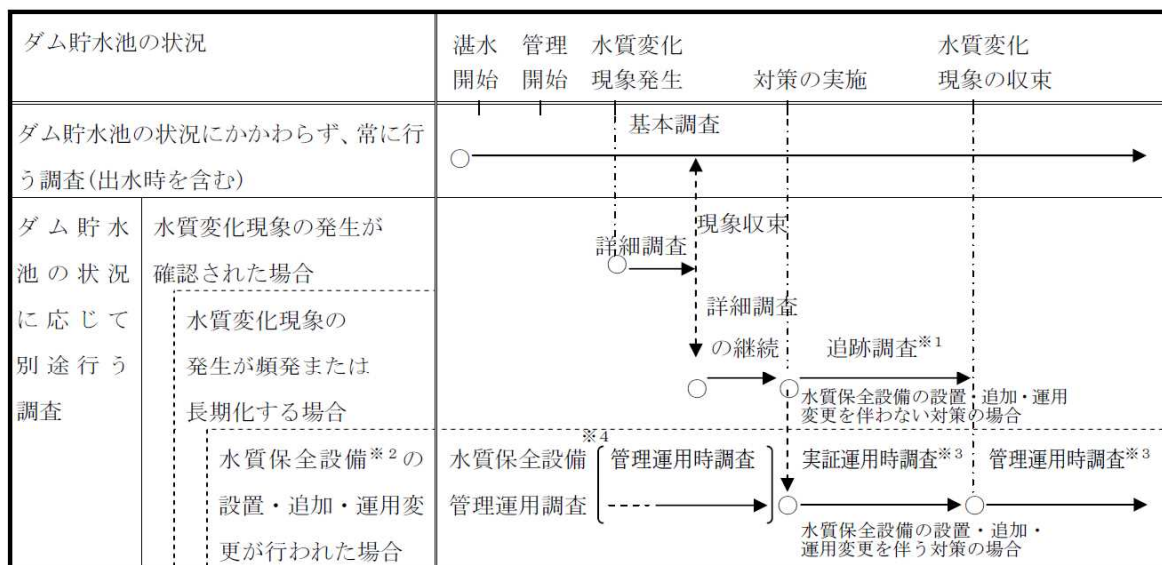


図 1-2 詳細調査開始に関するフロー

（「ダム貯水池水質調査要領」（H27.3） P II-33 図 II-5-1 より）

表 1-1 ダム貯水池の状況に応じた調査の種類

(「ダム貯水池水質調査要領」(H27.3) P I-3 表 I-1-1 より)



- ※1 追跡調査は、概ね3年を目安として、詳細調査又はそれに準じた調査を行う
- ※2 本調査要領における水質保全設備は、冷・温水現象、濁水長期化現象及び富栄養化現象の軽減を目的とする曝気循環設備、選択取水設備等の管理運用を行う設備とする
- ※3 水質保全設備※2の設置等を伴う対策を実施した場合に、効果の確認等を概ね3年を目安に実施(実証運用時調査)した後、効果を継続的に確認(管理運用時調査)する調査として、水質保全設備管理運用調査を行う
- ※4 既に水質保全設備が設置されている場合

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月

1-5. 対象とする水質変化現象

本手引きで対象とする水質変化現象は、冷・温水現象、濁水長期化現象、富栄養化現象、その他の水質変化現象(硫化水素臭発生及び赤水・黒水発生)とする。

【解説】

本手引きで対象とする水質変化現象は、調査要領において詳細調査の対象として挙げられている水質変化現象のうち、冷・温水現象、濁水長期化現象(出水濁水長期化現象、濁水濁水長期化現象)、富栄養化現象(生物異常発生、カビ臭発生)、その他の水質変化現象(硫化水素臭発生及び赤水・黒水発生)とする。

なお、カビ臭・硫化水素臭以外の異臭味発生に係る水質変化現象については、これまでに実施された対策事例も少なく、水質改善対策の体系も個別ダムにより大きく異なることから、本手引きの対象から除外している。

以下に、対象としている水質変化現象の概要を示す。

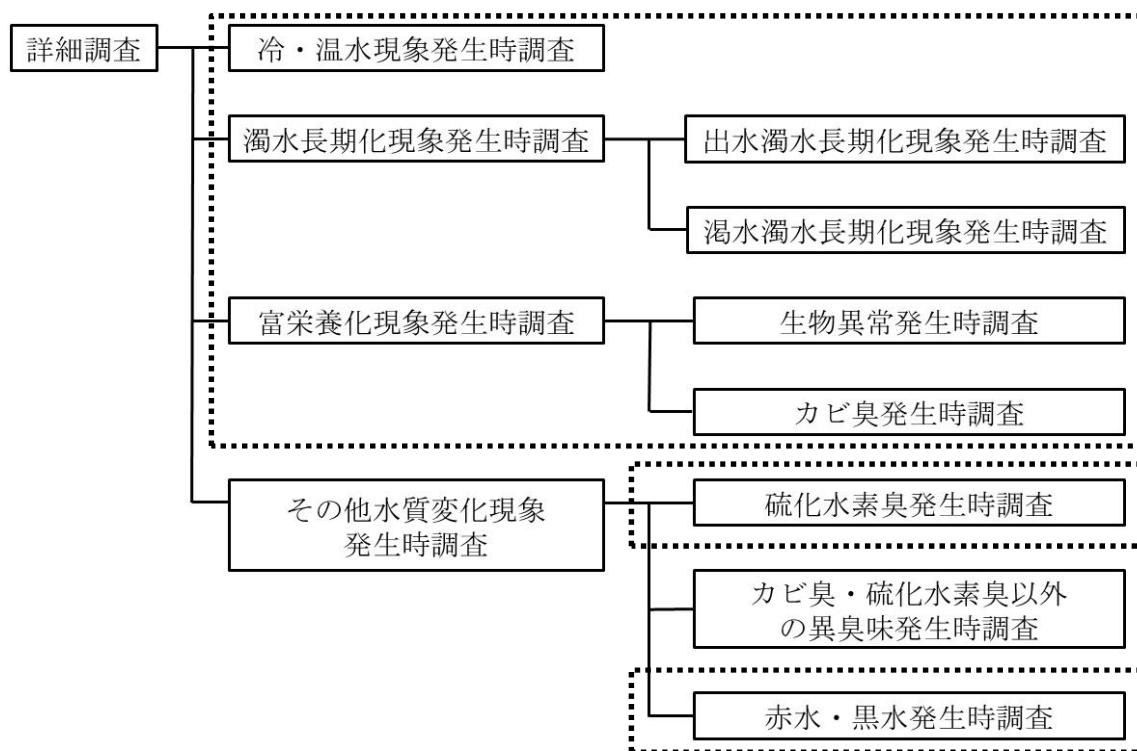


図 1-3 詳細調査の構成 (「ダム貯水池水質調査要領」(H27.3) P II-36 図 II-5-3 に加筆)

(黒点線枠が本手引きで対象とする水質変化現象)

[冷・温水現象]

「冷水現象」とは、放流水温が流入水温に比べて低温となる現象を指し、ダム貯水池において水温成層が形成されている時に変水層(温度躍層)以深の低温水が放流される場合等に生じる。冷水障害としては、稲作等の農業や漁業への影響、下流河川の生態系への影響がある。

「温水現象」とは、放流水温が流入水温に比べて高温となる現象を指し、流入量に比べて貯水池容量が大きく水の滞留時間が長いいため成層化しやすいダム貯水池において生じやすい。受熱期である夏季に流入水温相当の放流を長期間継続し、放流可能な深度の水温が流入水温よりも高くなることにより生じる場合や秋季から冬季にかけて発生する全循環でダム貯水池全層が流入水温よりも高い水温となる場合に生じる。温水障害としては、下流河川の生態系等への影響が考えられ、近年の環境への意識の高まりとともに注目されることが多くなっている。

[濁水長期化現象(出水時／濁水時)]

「出水濁水長期化現象」とは、流入濁度に対して高い放流濁度の状態が長期間継続する現象を指し、出水時にダム貯水池に貯留した濁質を徐々に放流する場合に生じる。また、大規模出水時や秋季の中規模以上の出水後に循環期に移行する場合には、ダム貯水池が長期間に渡り全層混合状態となり、ダム貯水池や下流河川で高濁度の状態が継続する場合がある。

「濁水長期化現象」とは、濁水時にダム貯水池や放流水で高濁度の状態が長期間継続する現象を指し、濁水時の貯水位の低下に伴ってダム貯水池流入部の堆積泥が露出し、流入水が露出した堆積泥を洗掘することにより生じる。

濁水を長期間放流することに伴う障害として、下流河川での水利用への影響、生態系への影響のほか、ダム貯水池及び下流河川における水の濁りによる景観の悪化がある。

[富栄養化現象]

「富栄養化現象」とは、ダム貯水池において窒素やリン等の栄養塩類の濃度が高まり、その結果、生物生産が増大する現象を指す。

富栄養化現象による影響としては、一次生産の増大による透明度の低下、水色の変化、pHの上昇等の変化が生じ、更に現象が進むと、アオコや淡水赤潮等の発生とそれに伴う景観の悪化、カビ臭による放流先の下流河川における水利用への影響等がある。また、富栄養化現象が進行すると、大量発生した植物プランクトンの死骸が沈降・堆積し分解されることなどにより、主に変水層(温度躍層)以深のDO(溶存酸素量)が減少する。DO(溶存酸素量)の減少が更に進み、嫌気状態になると底泥に堆積した栄養塩類の溶出が顕在化し、富栄養化を更に促進させる場合もある。

[その他の水質変化現象(硫化水素臭発生)]

硫化水素は、腐った卵の臭いに似た特徴的な強い刺激臭(いわゆる「硫黄臭い」と形容される)があり、高い濃度になると、目、皮膚、粘膜を刺激する有毒な気体である。

ダム貯水池においては、夏季を中心に受熱等により安定した水温成層が形成されると、

空気中から水面を通して溶け込んだ酸素の変水層(温度躍層)以深への輸送が抑制されるとともに、植物プランクトンの呼吸や底泥等の有機物の分解により、変水層(温度躍層)以深においてDO(溶存酸素量)が低下する。それとともに、ORP(酸化還元電位)が低下し、硫酸還元菌の活動を活性させる範囲(主に -100mV ～ -200mV とされている。)になると、主に底泥中に含まれる有機物が分解される際に、硫酸塩が硫酸還元菌による還元作用を受けて硫化水素が発生する。

[その他の水質変化現象(赤水・黒水発生)]

赤水・黒水は、水の着色現象の一種で、鉄由来やマンガン由来で発生する水の着色現象を指し、流入河川に起因する場合のほか、ダム貯水池の底泥に起因する場合がある。

ダム貯水池の底泥に起因する赤水・黒水の発生は、硫化水素臭の発生の原因と同様に、ORP(酸化還元電位)が低下し、底泥が還元状態になると、底泥に含まれる鉄、マンガンが還元作用を受けて鉄イオンやマンガンイオンとして水中に溶出し、これらが下流河川等に流出して酸化されることにより赤水・黒水が発生する。

鉄イオンやマンガンイオンとして水中に溶出する現象は、ダム貯水池における水の鉛直循環の状況と、その時の水温、DO(溶存酸素量)、pH等の水質条件とが複合して生じるとされている。

赤水・黒水の影響として、洗濯物が着色したり、水道水や食物が着色したり渋味が付く等の可能性があり、鉄由来の場合では下流河川の河床が赤くなることもある。

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成27年3月

2. 水質改善対策の体系化

2-1. 全体構成

水質改善対策のプロセスは、「緊急対応プロセス」「対策検討・実施プロセス」「維持管理プロセス」の3つに分類される。水質変化現象が発生したダム貯水池においては、ダム貯水池の置かれた状況に応じて適切なプロセスを進めることを基本とする。

【解説】

我が国のダム貯水池では、これまで水質変化現象が発生した際に必要となる一連の検討を試行錯誤しながら実施し、水質改善対策について一定の効果を挙げてきた。しかし、対策により水質問題が緩和するものの解消しない場合や、対策後に別の水質問題が顕在化する場合等、依然として課題を有しているダム貯水池も存在している。

この現状を改善するものとして、本手引きでは、水質変化現象が発生した際の緊急対応から、対策の検討・実施、対策後の維持管理までを一連のプロセスとして体系化して整理したものである。

水質改善対策の体系は、図 2-1 に示すように「緊急対応プロセス」「対策検討・実施プロセス」「維持管理プロセス」の大きく3つに分類される。ダム貯水池において水質変化現象が発生した際には、この水質改善対策の体系に基づいて検討や効果確認等を行い、必要に応じて発生源の推定や効果確認の段階でPDCAサイクルによる見直しを行いながら、適切な水質が維持されるよう努めることが望ましい。

以下に、各プロセスの概要を示す。

【緊急対応プロセス】

緊急対応プロセスは、水質変化現象が発生した際の緊急対応の流れを示したものである。本プロセスでは、状況把握に基づく緊急対応の必要性を判断するとともに、「対策検討・実施プロセス」へ移行するか否かを判断する。緊急対応が必要と判断された場合には、速やかに対応する。

【対策検討・実施プロセス】

対策検討・実施プロセスは、水質改善対策を実施し、対策実施後の効果検証を行うための流れを示したものである。本プロセスでは、水質変化現象の発生要因の推定を行った上で、対策実施の必要性を決定し、水質改善対策の方法や運用ルール、モニタリング調査計画を検討する。また、実施後の水質改善対策については、対策の有効性を確認し、水質改善対策の有効性が確認されなかった場合や異なる水質変化現象が発生した場合には、状況に応じて必要な段階まで検討を立ち返って見直す。

本プロセスにおいて水質変化現象が縮減・緩和し、水質改善対策の有効性が確認された場合には、「維持管理プロセス」へ移行する。

【維持管理プロセス】

維持管理プロセスは、対策検討・実施プロセスにおいて実施された水質改善対策が継続して効果を発現していることを確認するとともに、効率的な運用やモニタリング調査を実施するための流れを示したものである。本プロセスでは、水質改善対策の効果を定期的に確認し、必要に応じて対策の運用や対策施設の効率化、対策効果を確認するための調査の効率化も検討する。

なお、水質改善対策を運用している期間内は、本プロセスを繰り返し行う。

以上に示した3つのプロセスを進める際には、「連携・助言の活用」「ダム等管理フォローアップ委員会からの意見聴取」「情報提供」も併せて行うことが重要である。

「連携・助言の活用」とは、水質改善対策の必要性や対策の方法等を判断するため、流域関係者や学識者等からの意見聴取、対策や調査を実施する際の流域関係者との連携、流域関係者と合意形成を進める上での学識者等からの技術的助言等を活用する取組である。

「ダム等管理フォローアップ委員会からの意見聴取」とは、水質改善対策実施による効果を確認した結果について「ダム等管理フォローアップ委員会」（以下「フォローアップ委員会」という。）から意見を聴取する取組である。

「情報提供」とは、ダム貯水池の水質状況や水質改善対策に係る委員会での議事等の情報を一般の方々へ提供する取組である。

なお、ダム管理開始当初より水質改善対策が実施されている場合や、水質改善対策を実施し水質変化現象が既に解消している場合には、「維持管理プロセス」から対応を開始するのが基本である。このようにダム貯水池の状況により、プロセスの開始段階が異なることに留意しなければならない。

【参考文献】

- 1) ダムの管理 例規集 平成18年版：財団法人ダム水源地環境整備センター、平成18年3月

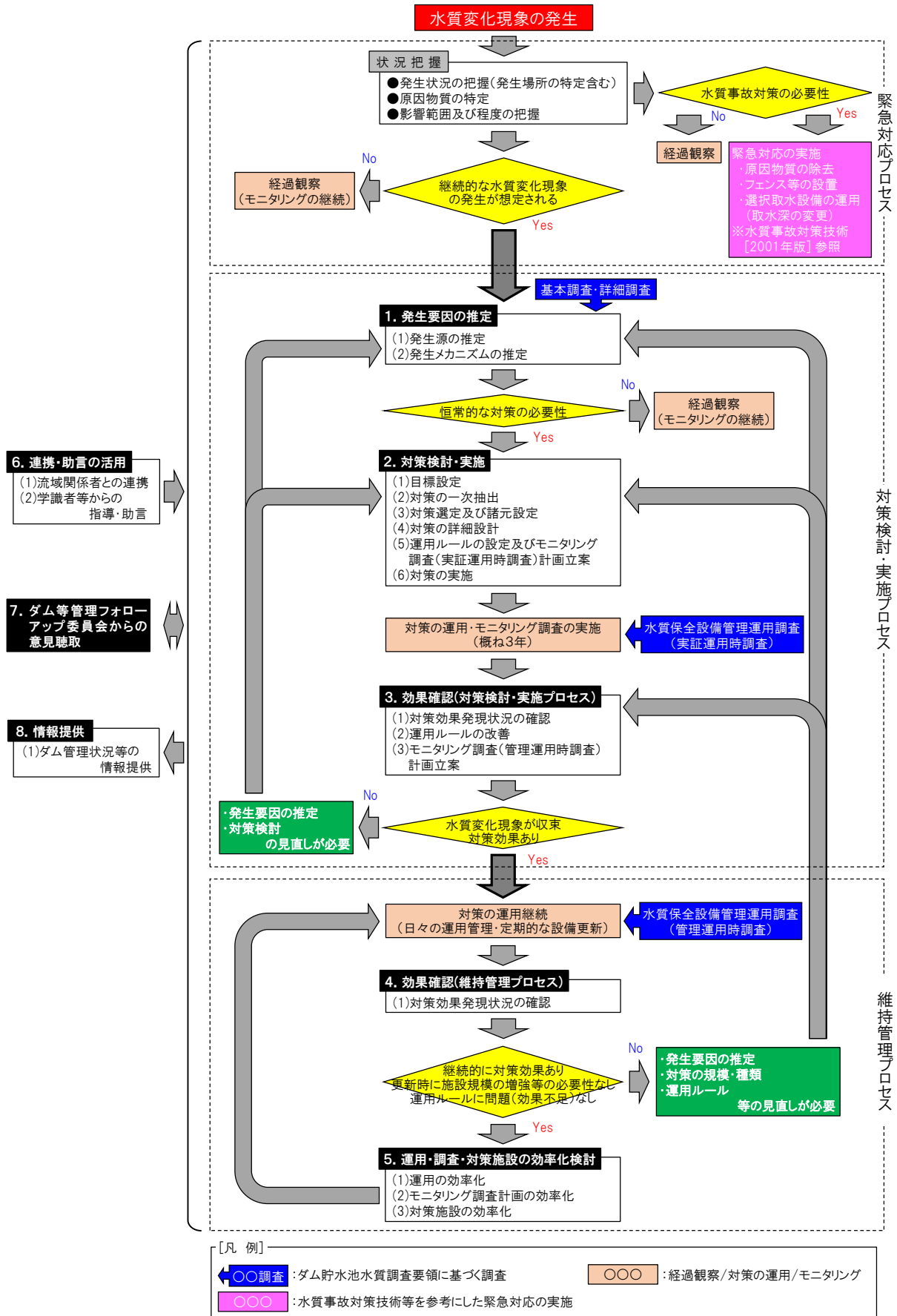


図 2-1 水質改善対策の体系化の概念図

2-2. 緊急対応プロセス

緊急対応プロセスは、発生している水質問題の発生状況や緊急度、社会的影響等を考慮して対応を行うことを基本とする。

【解説】

水質変化現象が発生した場合には、まず発生場所や原因物質の特定、影響範囲等の発生状況の把握を行い、緊急対応の必要性があるかどうかを判断する。 利害者や地域社会に及ぼす影響が大きい場合には、詳細な原因解明を待たずに可能な対応を行うことが求められる場合がある。例えば、カビ臭発生による取水停止、貧酸素状態の水や底泥溶出に起因する有害物質を含む水の放流が原因の魚類等の斃死といった水質事故やそれに準じる事象が確認された時は、「水質事故対策技術[2001年版]」等を参考に、マスコミを通じた広報等を含め、適切な対応を速やかに実施しなければならない。

発生した水質変化現象の継続が想定され、緊急対応だけでなく恒常的な対策が必要と考えられる場合（例えば、濁水長期化現象、アオコやカビ臭等に代表される富栄養化現象、赤水・黒水等に代表される底層嫌気化にかかわる現象が発生した場合等）には、発生要因の推定から始まる「2-3. 対策検討・実施プロセス」へ移行する。

【参考文献】

- 1) 水質事故対策技術[2001年版]：国土交通省水質連絡会、平成13年9月

2-3. 対策検討・実施プロセス

2-3-1. 発生要因の推定

水質変化現象の継続性が想定され、緊急対応だけでなく恒常的な対策が必要と考えられる場合には、水質改善対策の必要性の判断や対策規模の設定に必要な情報を得るため、「発生源の推定」及び「発生メカニズムの推定」により発生要因の推定を行うことを基本とする。

【解説】

水質変化現象の発生要因の推定は、ダム貯水池において月1回を基本に実施する定期調査、水質変化現象の発生時に実施する詳細調査、緊急対応プロセスにおいて取得した状況把握の結果、既往の学術的知見等を用いて、「3-1-1. 発生源の推定[※]」と水質変化現象が顕在化するに至るまでの「3-1-2. 発生メカニズムの推定」を行うものである。

水質変化現象の発生要因は、各ダム貯水池で地形特性、流況特性、流域特性やダムの運用方法等に違いがあるため、各ダムで異なる。また、水質改善対策を実施することにより、貯水池内の環境が変化し、異なる水質変化現象が発生する場合や、同じ水質変化現象でもその発生メカニズムに違いが現れる場合もある。そのため、発生要因の推定はダムごとに実施することを基本とする。

ただし、水質変化現象の発生要因については、学術的に未解明な部分があり、発生源及び発生メカニズムの推定に期間を要する場合もある。この場合、対策実施の遅れにより社会的損失が大きくなる可能性があることから、発生源及び発生メカニズムの解明は、学識者等からの指導・助言を参考に、「3-1-2. 発生メカニズムの推定」で後述するように対策実施に必要な範囲を設定した上で実施する。

※水質改善対策の必要性判断や対策規模の設定を行うためには、ダム貯水池及び流域を対象に、水質変化現象を引き起こす原因物質・物性や原因生物といった発生源を推定する必要がある。なお、個別の水質変化現象の発生源の推定のための調査・検討の例については、3-1-1-2～5に記している。

2-3-2. 対策検討・実施

水質改善対策は、発生要因の推定結果等を踏まえた上で、「目標設定」、「対策の一次抽出」、「対策選定及び諸元設定」、「対策の詳細設計」、「運用ルールの設定及びモニタリング調査計画の立案」、「対策の実施」を行うことを基本とする。

対策による効果に不確実性が多く含まれる場合には、必要に応じて順応的管理(アダプティブマネジメント)の考え方を取り入れた対策を実施するものとする。

【解説】

発生要因の推定結果及び必要に応じて得た流域関係者の意見や学識者等からの助言等を踏まえることにより、水質改善対策を実施することが必要と判断された場合には、問題解決のための目標設定や対策の選定、対策施設の運用ルール設定等の検討を行った上で、対策を実施することを基本とする。

水質改善対策の選定は、水質改善の「3-2-1. 目標設定」を行った上で、水質改善の可能性を有する「3-2-2. 対策の一次抽出」を行い、これを基に「3-2-3. 対策選定及び諸元(規模、基数、配置等)設定」を行う。

「3-2-1. 目標設定」では、「発生している水質変化現象を抑制する」あるいは「発生している水質変化現象に起因する具体的な問題を回避する」等の住民目線の目標を設定するとともに、水質変化現象と関連性の強い水質項目を用いた具体的な指標値の設定を行うことが望ましい。

「3-2-1. 目標設定」を行った後には、設定した目標や具体的な指標値を達成する可能性のある対策を一次抽出した上で、水質シミュレーションや貯水池特性の類似する他ダムでの対策事例等を参考に当該ダムに適した対策を選定し、対策の諸元を設定する。

なお、対策候補を一次抽出する際には、新技術を用いることにより、効果的・効率的に水質改善をすることが可能となる場合もある。そのため、他ダムで検討されている新技術や新技術情報システム(NETIS)に登録されている対策等から幅広く情報を収集し、適用の可能性を検討することを基本とする。

選定された対策については、「3-2-4. 対策の詳細設計」において詳細設計及び施工計画の検討等を行う。さらに、「3-2-5. 運用ルールの設定及びモニタリング調査立案(実証運用時調査)」において運用ルール及び水質改善対策の有効性を確認するための調査計画の検討を行い、「3-2-6. 対策の実施」に着手する。

以上の対策検討において実施する事項のうち、「3-2-2. 対策の一次抽出」及び「3-2-3. 対策選定及び諸元設定」は、当該ダムにおける水質改善対策の方向性を決める非常に重要なステップと位置づけられることから、表 2-1 に示す流れで最終的な対策を決定する。

表 2-1 水質改善対策を決定するまでの検討の流れ

項目	概要
①対策の一次抽出	対策の実施事例や新技術情報システム(NETIS)に登録されている対策等を参考に当該ダムにおける対策候補を抽出
②対策効果の予測	抽出された対策候補について水質シミュレーションモデルを活用する等して当該ダムにおける水質改善効果を予測計算（ここで対策諸元(規模・配置等)は概略的に決定される。）
③対策の選定	各対策候補による水質改善効果の程度(水質改善目標の達成程度等)や経済性、実現性(対策の緊急性を踏まえた対策実施に要する時間の違い等)から総合的に判断し、最終的な対策を決定

選定された対策が恒久的な施設である場合には、水質改善対策の規模を決定する際に気候変動や社会情勢の変化等がダム貯水池の水質に将来的に及ぼす影響についても考慮するものとする。例えば、選択取水設備や曝気循環設備等については、維持管理プロセスにおいて定期的な状況把握と水質改善対策の有効性の確認を継続的に行うことにより、流入水質の改善等に伴う選択取水設備の稼働期間の縮減や曝気循環設備の稼働基数の効率化等が可能となる。一方、流入水バイパス等については、設置後に施設規模を変更することは容易ではない。そのため、最新の気候変動への適応策の考え方や想定される社会情勢の変化に基づいて検討することが望ましい。ただし、気候変動や社会情勢の将来予測には不確実性が伴う事象が含まれていることに注意する。

このように、気候変動や社会情勢の変化等がダム貯水池の水質に将来的に及ぼす影響への対応は、ダム貯水池の状況や選定する対策、将来予測の不確実性等により異なると考えられることから、必要に応じて検討することを基本とする。

水質改善対策の種類によっては、効果がトレードオフの関係となる場合もある(例えば、冷水現象と濁水長期化現象、温水現象と富栄養化現象、濁水長期化現象と富栄養化現象)。このため、異なる水質変化現象への対応が求められる場合には、水質改善の優先度やバランスを勘案して対策選定や運用検討を行うことを基本とする。

また、水質改善対策の実施により、目標を達成することができても当初想定していなかった水質問題を引き起こす可能性がある。

以上のように、対策による効果や副次的に発生する影響、ダム貯水池の水質の将来予測等には不確実性が多く含まれる場合には、必要に応じて順応的管理(アダプティブマネジメント)の考え方を取り入れた対策を実施するものとする。

【参考文献】

- 1) 国総研資料 第 856 号 気候変動によるダム貯水池の水質への影響に関する研究：国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室、平成 27 年 8 月

2-3-3. 効果確認(対策検討・実施プロセス)

対策検討・実施プロセス段階にある水質改善対策は、「対策効果発現状況の確認」、「運用ルールの変更」、「モニタリング調査計画立案(管理運用時調査)」により効果確認を行うことを基本とする。

効果確認の結果、水質改善対策の有効性が十分に確認されなかった場合には、「発生要因の推定」、「対策検討・実施」等の必要な段階に立ち返ることを基本とする。

【解説】

対策検討の結果を受けて実施した水質改善対策は、対策実施からおおむね3年のモニタリング期間を設けて状況の変化を把握し、「3-3-1. 対策効果発現状況の確認」を行う。対策検討・実施プロセスにおける水質改善対策の効果確認は、モニタリング調査結果や水質シミュレーション等を活用して、以下の観点を考慮して水質改善対策の有効性や異なる水質変化現象の発生状況について評価を行う。

- ・ 水質変化現象の抑制の状況又は水質問題の回避・軽減の状況
- ・ 水質改善目標の達成の状況
- ・ 水質改善対策の機能の発現状況
- ・ 異なる水質変化現象の発生状況

モニタリング調査結果や水質シミュレーション等から水質改善対策の効果確認を行った結果、「3-2-5. 運用ルールの設定及びモニタリング調査(実証運用時調査)計画立案」において策定した運用ルールに改善の余地がある場合は、適宜「3-3-2. 運用ルールの改善」を行う。

さらに、管理運用移行後における水質改善対策の運用状況の確認と、水質改善効果の継続的な確認を目的として「3-3-3. モニタリング調査(管理運用時調査)計画立案」を行う。

効果確認の結果、水質改善対策の有効性が確認された場合には、効果確認から始まる「2-4. 維持管理プロセス」へ移行する。

一方、効果確認の結果、水質改善対策の有効性が十分に確認されなかった場合や異なる水質変化現象が発生した場合には、状況に応じて必要な段階まで検討を立ち返ることを基本とする。なお、水質改善対策の有効性が確認されない理由としては、対策設備が所定の機能を発現していない、対策の運用ルールが適切でない、対策諸元が適切でない、適切な対策が選定されていない、発生要因の推定が適切でない等が考えられる。

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成27年3月

2-4. 維持管理プロセス

2-4-1. 効果確認(維持管理プロセス)

維持管理プロセス段階にある水質改善対策は、対策施設等の運用により得られる水質改善効果を継続的に確認することを基本とする。

効果確認の結果、水質変化現象の再発や対策効果の低下等の変化が確認された場合には、対策検討・実施プロセスの「発生要因の推定」、「対策検討・実施」等に立ち返ることを基本とする。

【解説】

水質改善対策を運用してその効果を継続的に発現させていくためには、定期的に対策効果の発現状況を確認することが重要である。これにより、対策の問題点や改善点が明らかとなり、その後の水質改善対策の適正化を行うことが可能となる。

水質改善対策の効果確認は、「2-3-3. 効果確認(対策検討・実施プロセス)」において示した観点で「3-4-1. 対策効果発現状況の確認」を行う。

効果確認の結果、水質変化現象の再発や対策効果の低下、異なる水質変化現象の発生が確認された場合には、状況に応じて「2-3. 対策検討・実施プロセス」の必要な段階まで立ち返ることを基本とする。

なお、水質変化現象の再発や対策効果の低下等が確認されても、対策検討・実施プロセスに基づいて直ちに対策の見直し等に着手できない場合もあるが、その場合でも水質改善効果の確認は継続的に行い、対策の見直しのための枠組みが整った時点で迅速に着手できるよう準備を進めておくことが望ましい。

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月

2-4-2. 運用・調査・対策施設の効率化検討

水質改善対策による有効性が確認された場合には、「運用の効率化」、「モニタリング調査の効率化」について検討することを基本とする。

また、対策施設の更新時には、新技術の適用も含めて、効果的・効率的な対策となるよう「対策施設の効率化」について検討することを基本とする。

【解説】

水質改善対策が本運用段階となり、その効果が当初どおり発現している状況が継続している場合には、維持管理コストの縮減の観点から、「3-5-1. 運用の効率化」「3-5-2. モニタリング調査の効率化」を検討する。

また、水質改善対策施設の中には、施設の耐用年数を迎え、更新が必要となる場合があるが、その際には従前の対策をそのまま更新するのではなく、以下に着目し「3-5-3. 対策施設の効率化」について検討を行うことが望ましい。

- ・ 流域対策の進捗に伴う対策施設の効率化
- ・ 新技術の活用による効果的・効率的な対策への変更
- ・ 水質改善対策の運用を自動化するシステム等の導入による負担軽減やコスト縮減

水質改善対策を実施しているダム貯水池では、日々の運用管理やモニタリング調査、定期的な設備更新を行う中で、「2-4-1. 効果確認(維持管理プロセス)」及び「2-4-2. 運用・調査・対策施設の効率化検討」により構成される維持管理プロセスを定期的に行い、水質改善対策の適切な維持管理と運用を継続して行う。

2-5. 連携・助言の活用

2-5-1. 流域関係者との連携

発生した水質変化現象に対する水質改善対策のため、必要に応じて流域関係者からの意見・要望等の聴取、流域関係者と協働した対策・調査の実施等の連携を図るものとする。

【解説】

ダム管理者は、水質変化現象の発生有無に関わらず常日頃よりダム貯水池の水質監視に努め、その結果について流域関係者と情報交換を定期的に行い、ダム貯水池の水質に関する情報提供、流域関係者の水質に関するニーズの把握、水質変化現象発生時の連絡体制の構築、流域対策への働きかけ等に努め、平常時から流域関係者と広域的な協力関係を構築しておくことが望ましい。

流域関係者からの意見・要望等の聴取は、水質変化現象によって流域関係者が受ける影響の程度を把握し、実施可能な範囲内で流域関係者の要望に応じた対策を行うための有効な手段の一つである。発生要因の推定の結果、発生している水質変化現象が当該ダム貯水池の特性上避けられない現象であり、かつ、対策による効果が小さいと考えられる場合には、合意形成を図った上で対策を実施しないという結論に至る可能性もある。逆に数値的な面では大きな影響は認められないが、流域関係者の要望を踏まえるとダム管理者が可能な範囲で対応することが適当と考えられる場合もある。

例えば、湖水の着色に対する景観改善では、発生している水質変化現象や原因生物の生理生態に精通した学識者から助言を得ながらその原因を理解し、地域住民との合意形成により湖面景観をそのダム貯水池の特性として受け入れるという選択肢も考えられる。また、水質変化現象が一時的な発生に留まり常習性がない場合（例えば、上流域で大規模な土砂災害が発生したことに起因する濁水長期化現象は、3～5年程度で収束するが多い。）は、直ちに水質改善対策を実施するのではなく、経過観察としてモニタリング調査を実施し、情報公開することも考えられる。一方、下流河川の濁度上昇は出水後の一時的なものであり、そのレベルもそれ程高くないが、流域関係者の要望から濁度を極力低くしてほしいという要望がある場合には、ダム管理者として実施可能な対策を検討することや、目標設定の際の参考とする等の対応も考えられる。

このように、水質の基準値の超過の有無に留まらず、ダム貯水池の水質の状態により流域に及ぼされる影響や流域関係者の水質の受け止め方、水質改善のニーズを具体的に把握することは、水質改善対策を検討する上で重要である。

ダム管理者が水質変化現象の発生状況や水質改善状況のモニタリングを実施する際には、以下に示す取組等により、水質問題への影響やコストを小さくできる場合がある。

- 水質変化現象発生時に流域関係者にその状況を通知する
- 流域関係者が実施する対策や調査と連携を図る
- 流域関係者と協働して対策や調査を実施する

また、計画規模を上回る洪水を受けたことに伴う濁水長期化現象の発生等、大規模な外力を受けた場合には、ダム管理者のみによる対策では限界があり、流域全体での対応が求められる場合も想定される。

このため、ダム管理者が実施する対策に限界がある場合や流域との連携によりコストを削減できる場合には、水質変化現象の発生源を所掌する行政機関、水質変化現象によって影響を受ける関係機関や利用者等と意見交換・連携を図り、総合的な観点から広域的な連携のもと水質改善対策を検討することが望ましい。

コラム1；流域との連携事例（三春ダムでの取り組み）

三春ダムでは、流域との連携の一環として、広報誌の発行、フォーラム開催、ダム見学等に取り組んでいる。

広報誌は、1回/2か月の頻度で発行されており、ダム周辺でのイベントを紹介するとともに、水質情報も掲載することで、当該ダムの水質状況を積極的に公表している。広報誌は、ダムに関係する自治体やダム管理所及び隣接する資料館等で配布されるほか、ダム管理所ホームページでも公開している。

フォーラムは、ダム管理所と地元自治体等で組織された実行委員会が主催者となり、年1回開催している。フォーラムでは、地元小学生によるダム貯水池及びその周辺をフィールドとした研究発表、学識者による講演のほか、ダム管理所から当該ダムの水質について紹介するなど、流入負荷量削減へ向けた啓発活動を行っている。

また、三春ダムの管理区間では、平成26年5月に3団体が河川協力団体に認定され、河川環境の保全に関する活動等を行っている。



図 2-2 三春ダムにおける流域対策事例
(東北地方整備局三春ダム管理所ホームページ及び
平成29年度東北地方ダム等管理フォローアップ委員会 三春ダム定期報告書(概要版)より抜粋)

コラム 2 ; 流域対策の実施事例（釜房ダムでの取り組み）

釜房ダムは、昭和 62 年 9 月に湖沼水質保全特別措置法に基づく指定を受け、現在、第 6 期計画の施策を行っている。

第 1 期～第 3 期の湖沼水質保全計画では、生活排水や家畜排せつ物による汚濁負荷の削減のため、下水道整備や家畜ふん尿処理施設整備を行うなど関係機関が協力して水質の保全に資する事業を行ってきた。しかし、化学的酸素要求量(COD)や富栄養化の原因である全リンについては、環境基準を満足しなかった。

そこで、第 4 期計画からは、汚濁負荷対策として生活系・畜産系などの点源負荷対策は継続して推進しつつ、農地における適切な施肥の励行や森林の間伐等の面源負荷対策を重点的に進めている。第 5 期計画では、長期ビジョンを作成するとともに、面源負荷対策を推進するための流出水対策地域を定めた。

第 6 期計画では、重点的に取り組む対策として、自然由来汚濁負荷対策と魚類養殖に係る汚濁負荷対策を定め、森林や養魚場からの汚濁負荷実態調査を実施している。

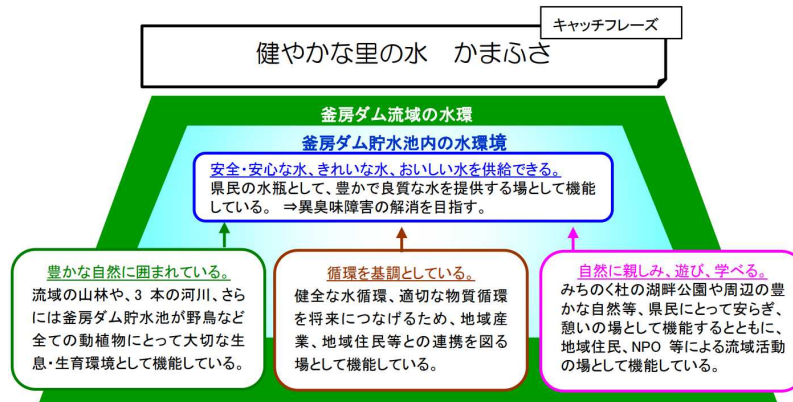


図 2-3 釜房ダム湖沼水質保全計画における長期ビジョン

表 2-2 釜房ダム貯水池湖沼水質保全計画の対策事業概要

第 1 期 (S62～H3 年度)	第 2 期 (H4～H8 年度)	第 3 期 (H9～H13 年度)
公共下水道の整備 合併処理浄化槽設置推進 広域畜産環境対策 側条施肥機導入 空気揚水筒パイロット実験	公共下水道の整備 合併処理浄化槽設置推進 畜産基地建設 治山 空気揚水筒パイロット実験	公共下水道の整備 合併処理浄化槽設置推進 畜産基地建設 側条施肥機導入 空気揚水筒パイロット実験
第 4 期 (H14～H18 年度)	第 5 期 (H19～H23 年度)	第 6 期前期 (H24～H28 年度)
公共下水道の整備 合併処理浄化槽設置推進 畜産既存施設の活用 曝気循環の継続 側条施肥機の効果的利用 森林の適正管理	生活排水対策の推進 畜産既存施設の活用 曝気循環の継続 側条施肥機の効果的利用 森林の適正管理 流出水対策地区の指定 調査研究の推進	生活排水対策の推進 家畜排せつ物処理施設の活用 曝気循環の継続 魚類養殖に係る汚濁負荷対策 森林の適正管理 流出水対策地区の対策推進 調査研究の推進

(宮城県ホームページ「釜房ダム湖沼水質保全計画(第 6 期) 中間評価 平成 30 年 1 月」より抜粋)

2-5-2. 学識者等からの指導・助言

発生した水質変化現象に対する水質改善対策のため、必要に応じて学識者等から指導・助言を得るものとする。

【解説】

水質改善対策の必要性や対策の実施方針を判断する際には、流域関係者からの意見・要望等だけでなく、水質改善対策による効果や限界を踏まえた適切な対策方針を決定するため、必要に応じて水質変化現象やダム貯水池の水質全般に精通した学識者等から指導・助言を得るものとする。

また、「2-3-1. 発生要因の推定」や「2-3-2. 対策検討・実施」を行う際にも、未解明な部分の多い水質変化現象の発生メカニズムに対して当該ダムで適した解析手法を選定するため、必要に応じて学識者等から指導・助言を得るものとする。

なお、これら学識者等の指導・助言から得られる情報により、流域関係者と円滑に合意形成を図ることが可能になる場合もある。

これらの取組を進める上では、ダム貯水池の水質や対象物質の特性、対象植物プランクトンの生態等に精通した学識者に恒常的に委嘱し、継続して相談できる体制を構築することが望ましい。委嘱した学識者に対しては、水質変化現象発生前後の水質データや発生時の状況写真等のダム貯水池の状況に関する情報を定期的に提供し、必要な時に適切な助言が得られるよう日頃からコミュニケーションを図ることが望ましい。

指導・助言を得る学識者等としては、以下が挙げられる。

- ・発生している水質変化現象に関する知見を有する学識者
- ・ダム貯水池の水質に関する知見を有する学識者
- ・水質変化現象による影響を受ける生物の生態に関する知見を有する学識者
- ・国立研究開発法人土木研究所
 - つくば中央研究所 水工研究グループ・水環境研究グループ
- ・国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室

2-6. ダム等管理フォローアップ委員会からの意見聴取

水質改善対策の効果確認結果をフォローアップ委員会に意見を聴き、適切に改善することを基本とする。

【解説】

当該ダムにおいて発生した水質変化現象、実施した水質改善対策、対策により得られた効果等は、「2-3-3. 効果確認(対策検討・実施プロセス)」及び「2-4-1. 効果確認(維持管理プロセス)」において本手引きに沿った整理を行う。その時点までに整理した内容については、ダム等の管理に係るフォローアップ制度（以下「フォローアップ制度」という。）に基づき地方整備局等（地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局及び独立行政法人水資源機構）に設置されているフォローアップ委員会の意見を踏まえて適切に改善する。これにより、ダムの適切な管理に資するとともに、ダムの維持管理の効率性及びその実施過程の透明性の一層の向上を図る。

フォローアップ制度では、国土交通省及び独立行政法人水資源機構が管理するダムは、5年に1回の頻度で当該ダムの洪水調節、利水、堆砂、水質、生物、水源地動態の状況をダム管理データ及び環境への影響等の調査（以下「フォローアップ調査」という。）の結果から整理することとしている。「ダム等管理フォローアップ 定期報告書作成の手引き〔平成26年度版〕」では、水質について以下の整理を行うこととしている。

- ・基本事項の整理(環境基準類型指定状況、定期水質調査地点と対象とする水質項目、水質調査実施状況)
- ・水質状況の整理(流入河川・下流河川・貯水池内水質の経年・経月変化、貯水池内水質の鉛直分布変化、植物プランクトンの生息状況変化、水質障害の発生状況)
- ・水質の評価(流入・放流水質の比較、経年的水質変化、冷・温水現象、濁水長期化現象、富栄養化現象等)
- ・水質保全施設の評価(保全施設の設置状況、水質保全施設計画の整理、保全施設の運用状況の整理、保全施設の効果把握と評価)

なお、実施した水質改善対策が事業評価の対象である場合には、「国土交通省所管公共事業の事業評価実施要領」に基づき事業評価を行う。

【参考文献】

- 1) ダムの管理 例規集 平成18年版：財団法人ダム水源地環境整備センター、平成18年3月
- 2) ダム等管理フォローアップ 定期報告書作成の手引き〔平成26年度版〕：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成26年4月

- 3) 国土交通省所管公共事業の事業評価実施要領：国土交通省 水管理・国土保全局、平成
23年4月

2-7. 情報提供

2-7-1. ダム管理状況等の情報提供

ダム貯水池の状況や水質変化現象の発生要因等を取りまとめ、その結果を定期的に公表し、一般の方々へ情報を提供することを基本とする。

水質変化現象に伴う水質問題等が発生した場合には、その状況や対応策について流域関係者へ迅速に情報提供を行うことを基本とする。

【解説】

ダム管理者は、日常行われる水質の状態監視(定期調査や巡視等)から得られる情報、水質変化現象が発生した際の調査・検討等で得られる情報、水質改善対策を実施する際に学識者等から得た知見や関連する委員会等で審議された事項等、多くの情報を有している。

これらの情報をとりまとめて定期的に公表することにより、流域関係者のダム貯水池の水質への理解が深まることや、同類の水質変化現象で悩む他ダムでの問題解決に繋がることが期待される。なお、情報の定期的な公表手段としては、フォローアップ制度に基づいて作成される定期報告書の活用等が挙げられる。

水質変化現象やそれに伴う水質問題等が発生した際には、必要に応じてマスコミを通じた広報等を行うことが望ましい。

情報提供を確実かつ円滑に進めるためには、日頃からダムの様々な効果(洪水調節、利水補給、下流河川の維持流量確保、地域振興等)をPRするとともに、イベント等を通じて流域とのコミュニケーションを密接に図るなど、ダムを身近に感じてもらうような取組を行うことが望ましい。

【参考文献】

- 1) ダムの管理 例規集 平成18年版：財団法人ダム水源地環境整備センター、平成18年3月

3. 対策検討・実施プロセス及び維持管理プロセスの具体的内容

3-1. 発生要因の推定

3-1-1. 発生源の推定

3-1-1-1. 概要

水質改善対策の必要性判断や対策規模の設定を行うため、基本調査及び詳細調査の結果を解析して水質変化現象の発生源を推定することを基本とする。

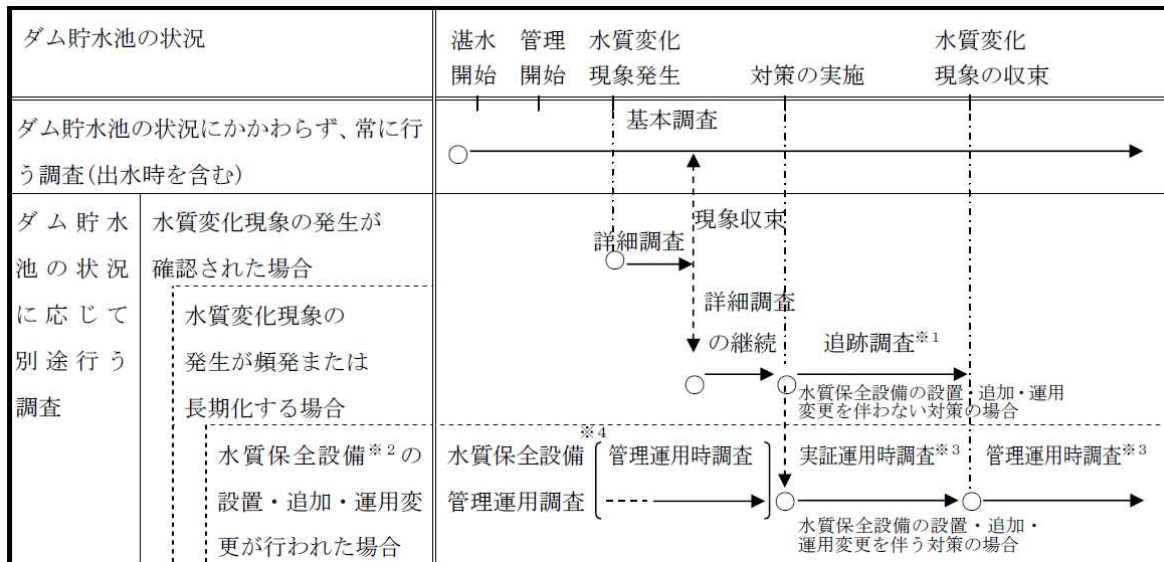
【解説】

水質改善対策の必要性判断や対策規模の設定を行うためには、ダム貯水池及び流域を対象に、水質変化現象を引き起こす原因物質・物性や原因生物といった発生源を推定する必要がある。

このため、水質変化現象が発生したダム貯水池では、調査要領に基づいて実施される基本調査(主に定期調査)、詳細調査、緊急対応プロセスにおいて取得した状況把握の結果を解析し、水質変化現象の発生源を推定することが重要である。

また、水質変化現象の発生事例や近年の技術動向の中には、当該ダムにおける水質変化現象の発生源の推定にあたり有益な情報も含まれていることがあるため、必要に応じて既往事例や論文等の収集・整理も併せて行うことが重要である。

表 3-1 ダム貯水池の状況に応じた調査の種類(ダム貯水池水質調査要領 P I-3 より)



- ※1 追跡調査は、概ね3年を目安として、詳細調査又はそれに準じた調査を行う
- ※2 本調査要領における水質保全設備は、冷・温水現象、濁水長期化現象及び富栄養化現象の軽減を目的とする曝気循環設備、選択取水設備等の管理運用を行う設備とする
- ※3 水質保全設備^{※2}の設置等を伴う対策を実施した場合に、効果の確認等を概ね3年を目安に実施(実証運用時調査)した後、効果を継続的に確認(管理運用時調査)する調査として、水質保全設備管理運用調査を行う
- ※4 既に水質保全設備が設置されている場合

水質変化現象の発生源を推定する際には、ダム貯水池の流入負荷特性や堆砂状況の変化等について把握する必要がある。

なお、流入負荷特性については、流域の地質性状によりリン濃度が高い場合や大気中からの窒素供給が多い場合等、削減が困難な要素が影響している事例がある。

3-1-1-2. 冷・温水現象

冷・温水現象については、貯水池内の水温鉛直分布と流入水、放流水の水温状況との関係等の発生源の推定を行うことを基本とする。

【解説】

冷・温水現象は、貯留により貯水池の鉛直方向に著しい水温変化が生じ、その貯留水を放流したときに、流入水温と放流水温の差が大きくなる場合に発生する現象であり、発生源は貯留水温となる。このため、貯水池内の水温鉛直分布と流入水温、放流水温の関係性を把握することが重要である。

3-1-1-3. 濁水長期化現象

濁水長期化現象については、流域・流入水、貯水池内について濁質の発生源の推定を行うことを基本とする。

【解説】

濁水の主な発生源は流入河川や貯水池内(多くは上流端部)であるが、その発生源により濁水長期化現象の対策の考え方も異なることから、発生源の推定は重要である。

発生源を推定するための一般的な調査としては、以下が挙げられる。

- ・流域山地の土質区分や崩壊地分布状況等の把握
- ・濁水発生時の流入河川の濁質成分(粒度分布、沈降速度等)及び濃度(SS、濁度)の把握
- ・貯水池上流端部の土砂性状(堆砂形状、洗掘状況、粒度分布、沈降速度等)の把握

3-1-1-4. 富栄養化現象

富栄養化現象については、流域・流入水、貯水池内について原因となる植物プランクトンや栄養塩類等の発生源の推定を行うことを基本とする。

【解説】

富栄養化現象の発生要因を推定するためには、アオコ・淡水赤潮やカビ臭発生の原因となる植物プランクトンの種類や増殖の場といった植物プランクトンの発生源を推定する

ことが重要である。

なお、ダム下流河川でアオコやカビ臭等の発生が確認された場合には、支川からの流入やダム下流河川が発生源となっている可能性があることから、情報を広範に収集する必要がある。

また、植物プランクトンの増殖には栄養塩類が必要不可欠であり、ダム貯水池内で植物プランクトンに摂取される栄養塩類(汚濁負荷)の発生源を推定することも同様に重要である。

なお、汚濁負荷量を的確に把握するためには、平水時だけでなく出水時の水質調査が重要である(詳細は調査要領の出水時調査を参照)。また、ダム貯水池の特性によっては、湖底からの栄養塩類の溶出負荷にも留意する必要がある。

発生源を推定するための一般的な調査としては、以下が挙げられる。

①調査要領に記載された調査に基づく検討

- ・アオコ・淡水赤潮及びカビ臭発生時の貯水池内での植物プランクトン調査結果による原因植物プランクトンの特定(場合によっては最新の分類体系を用いた種レベルまでの詳細な特定やDNA解析によりカビ臭産生種であるかの確認が必要となる。)
- ・本川及び支川の平常時と出水時の流入栄養塩類の濃度の把握(流量との積により負荷量として把握する必要もある。)
- ・流域の土地利用状況や排水処理形態の変化に伴う排出負荷の変化の把握(フレーム調査を定期的実施することによりその変化量の把握が可能となる。)
- ・底質調査結果に基づく栄養塩類の蓄積状況の経年的な変化の把握

②調査要領に記載されていない調査に基づく検討

- ・貯水池内の底泥表面の植物プランクトン調査によるアオコ・淡水赤潮及びカビ臭の原因となる植物プランクトンの主な発生源の把握(※1)
- ・貯水池内の底泥の性状調査によるアオコ・淡水赤潮及びカビ臭の原因となる植物プランクトンの主な発生源及び底泥中の栄養塩類含有量の把握
- ・貯水池内の底泥を試料とした溶出量試験による底泥からの栄養塩類の供給量の把握
- ・ダム下流河川の河床の付着藻類調査によるカビ臭の原因となる植物プランクトンの存在有無の確認(※2)

※1: 底泥上の植物プランクトンが原因となって富栄養化現象が発生する場合もあることから、必要に応じて実施する調査である。

※2: 近年、河床の付着藻類がカビ臭原因物質を生成することにより、ダム下流河川においてカビ臭現象の発生事例が報告されている。

アオコ・淡水赤潮やカビ臭の原因となる植物プランクトンの発生源に係る知見は、学術的研究の進展や既往事例の蓄積等により、随時追加、変更されていく可能性があることに留意する必要がある。

3-1-1-5. その他の水質変化現象

その他の水質変化現象については、貯水池内について原因物質等の発生源の推定を行うことを基本とする。

【解説】

硫化水素臭や赤水・黒水に代表されるその他の水質変化現象については、その水質変化現象の原因となる物質とその主な発生源を推定することが重要である。

発生源を推定するための一般的な調査としては、以下が挙げられる。

- ・水質変化現象発生時の水質分析による原因物質の特定(鉄・マンガン等)及び存在状況(分布、濃度等)の把握
- ・底質調査結果に基づく原因物質の経年的な変化の把握
- ・貯水池内のDO(溶存酸素量)やORP(酸化還元電位)の分布状況の把握(嫌気状態となっている範囲を鉛直方向の分布や平面的な分布から把握)

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 2) ダム貯水池水質用語集：財団法人ダム水源地環境整備センター、平成 18 年 3 月
- 3) 生物起因の異臭味水対策の指針：日本水道協会、平成 11 年 5 月
- 4) 多目的ダムの建設：財団法人ダム技術センター、平成 17 年 6 月
- 5) 湖沼水質のための流域対策の基本的考え方～非特定汚染源からの負荷対策～：国土交通省 河川局，都市・地域整備局 下水道部，農林水産省 農村振興局，林野庁 森林整備部，環境省 水・大気環境局、平成 18 年 3 月
- 6) 湖沼における水理・水質管理の技術：湖沼技術研究会、平成 19 年 3 月
- 7) 「湖沼底質環境・調査手引き」(案)：東北地方整備局、平成 21 年 3 月

3-1-2. 発生メカニズムの推定

3-1-2-1. 概要

水質改善対策の必要性判断や対策規模の設定を行うため、基本調査及び詳細調査の結果、水理・水文データ等を解析して水質変化現象の発生メカニズムを推定することを基本とする。

【解説】

水質改善対策の必要性判断や対策規模の設定を行うためには、水質変化現象の発生メカニズムを推定する必要がある。

このため、水質変化現象が発生したダム貯水池では、調査要領に基づいて実施される基本調査(主に定期調査)、詳細調査、緊急対応プロセスにおいて取得した状況把握の結果、ダム管理所において計測している水理・水文データ、ダム管理データ等を解析し、水質変化現象の発生メカニズムを推定する。

水質変化現象の発生メカニズムは、いまだ未解明な部分も多く、現在も調査研究により新たな知見が明らかになっているところである。また、対策によって生じる副次的な作用が貯水池水質に悪影響を及ぼす事例も報告されている(例：アオコ解消のために曝気循環設備による対策を実施した結果、アオコレベルは低下し湖面景観は改善したが、異なる種の藍藻類が発生し、カビ臭問題が顕在化した等)。したがって、水質変化現象の発生メカニズムを推定する際には、水質変化現象発生事例やその分野の最新知見や技術革新の動向に注意を払いながら、必要に応じて既往事例や論文等の収集・整理も併せて行うことが重要である。

一方で、水質変化現象の種類によっては、直ちに発生メカニズムを解明することが困難なものもあるが、必ずしもすべてのメカニズムが解明できていなくても当面の対策方針や対策の種類を決めることが可能な場合もある。このため、学識者等からの指導・助言を参考に、対策の必要性、種類及び規模を判断する上で必要な範囲を適切に設定する。

水質変化現象の発生メカニズムの推定を行う際には、発生メカニズムに関する仮説を立て、それを検証し、必要に応じて仮説を修正することにより、その確からしさを高めていく取組であるPDC Aサイクルの導入が有効かつ重要である。

発生メカニズムの推定に関するPDC Aサイクルの概念図を図 3-1 に、PDC Aサイクルの各ステップにおける実施事項を表 3-2 に示す。

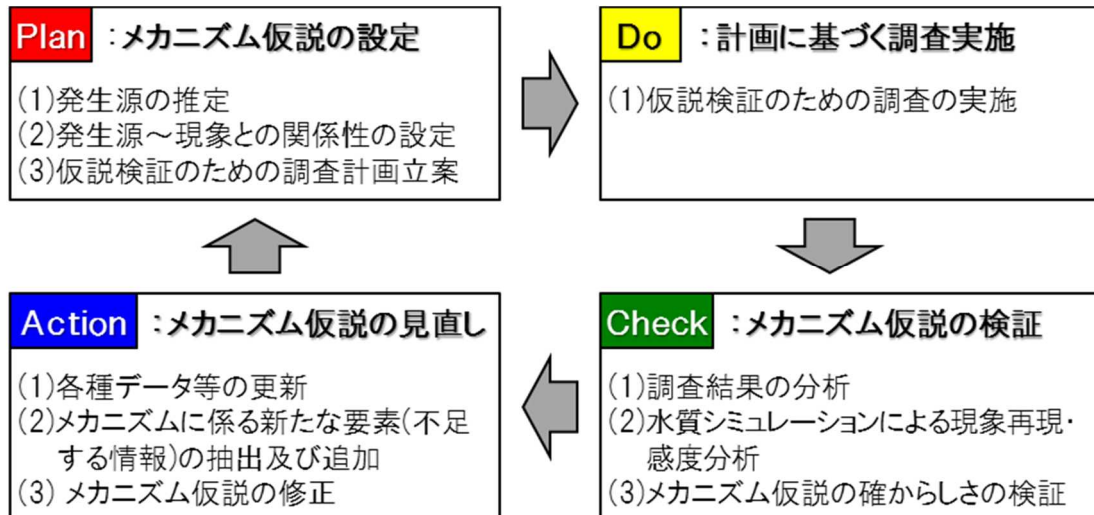


図 3-1 発生メカニズムの推定に関するPDCAサイクルの概念図

表 3-2 PDCAサイクルの各ステップにおける実施事項の例

Plan(1)	・水質変化現象の発生源と考えられる要素・場所等を推定する。
Plan(2)	・発生源から供給される物質等の移送状況やそれを基にした水質変化現象の顕在化までをメカニズム仮説として構築する。
Plan(3)	・Plan(2)で構築したメカニズム仮説を検証するための調査計画を立案する。
Do(1)	・Plan(3)で立案した調査(現地調査/室内実験等)を実施する。
Check(1)	・Do(1)で実施した調査結果を分析し、メカニズム仮説との整合性を確認する。
Check(2)	・Plan(2)で構築したメカニズム仮説に基づき、Do(1)で実施した調査結果等を用いて水質シミュレーションモデルを構築し、水質変化現象を再現する。 ・再現した水質シミュレーションモデルを用いた感度分析を行い、要素の影響程度を推察する。
Check(3)	・Check(1)及び(2)の結果より、メカニズム仮説の確からしさを検証する。
Action(1)	・Plan(2)構築後に蓄積した気象・水象・水質データや水質変化現象の履歴等を追加し、水質変化現象に係る情報を最新版に更新する。
Action(2)	・Plan(2)で構築したメカニズム仮説を修正するために必要な要素や不足している情報を適宜追加する。
Action(3)	・Plan(2)で構築したメカニズム仮説を修正する。

3-1-2-2. 冷・温水現象

冷・温水現象については、流入水、貯水池内、放流水、下流河川における水質調査結果、水質シミュレーション、既往事例等を用いて、冷・温水現象による影響を明確にするとともに、冷・温水現象の発生メカニズムの推定を行うことを基本とする。

【解説】

冷・温水現象とは、放流水温が流入水温に比べて低温あるいは高温となる現象を指す。したがって、冷・温水現象の発生メカニズムを推定するためには、水質調査結果の解析や水質シミュレーションを用いた解析、既往事例を参考にすること等により冷・温水現象の発生過程を把握することが重要である。また、実際に冷・温水現象によって影響を受ける対象(農業(稲作等)、漁業、動植物等)やそれらへの影響をできる限り定量的に把握する必要がある。

冷・温水現象の発生メカニズムを推定するための一般的な調査・検討としては、以下が挙げられる。

- ・ 流入水温と放流水温を比較し、冷・温水現象発生時期や実際の水温差を把握する。
- ・ 水質シミュレーションを用いた再現計算により、冷・温水現象発生時の貯水池内の流動特性を把握する。
- ・ 冷・温水現象に係る情報提供や下流河川における動植物調査結果を整理することにより、冷・温水現象による影響対象や問題の発生時期、発生期間、発生程度等を明確化する(例：稲作の収穫量の変化、下流河川における魚類捕獲量の変化、下流河川における生物調査結果の変化等)。

3-1-2-3. 濁水長期化現象

濁水長期化現象については、流域、流入水、貯水池内、放流水、下流河川における水質調査結果、水質シミュレーション、既往事例等を用いて、濁水長期化現象による影響を明確にするとともに、濁水長期化現象の発生メカニズムの推定を行うことを基本とする。

【解説】

濁水長期化現象とは、流入濁度に対して放流濁度が高い状態が長期間継続する現象を指す。したがって、濁水長期化現象の発生メカニズムを推定するためには、水質調査結果の解析や水質シミュレーションを用いた解析、既往事例を参考にすること等により、濁水長期化現象の発生過程を把握することが重要となる。また、実際に濁水長期化現象によって影響を受ける対象(動植物、景観等)や影響の内容をできる限り定量的に把握する必要がある。

濁水長期化現象の発生メカニズムを推定するための一般的な調査・検討としては、以下

が挙げられる。

- ・流入濁度と放流濁度を比較し、濁水長期化現象発生時期や発生状況(濁度レベル・濁水長期化期間等)を把握する。
- ・水質シミュレーションを用いた再現計算により、濁水長期化現象発生時の貯水池内の流動特性(密度流等)を把握する。
- ・濁水長期化現象に係る情報提供や下流河川における動植物調査結果を整理することにより、濁水長期化現象による影響対象や問題の発生時期、発生期間、発生程度等を明確化する(例：下流河川における魚類捕獲数の変化、下流河川における生物生息数の変化、観光客からの苦情の内容等)。

3-1-2-4. 富栄養化現象

富栄養化現象については、流域、流入水、貯水池内、放流水、下流河川における水質調査結果、水質シミュレーション、既往事例等を用いて、富栄養化現象による影響を明確にするとともに、富栄養化現象の発生メカニズムの検討を行うことを基本とする。

【解説】

富栄養化現象とは、ダム貯水池において窒素やリン等の栄養塩類の濃度が高まり、その結果、植物プランクトンが異常増殖する現象を指す。富栄養化現象による影響としては、一次生産の増大による透明度の低下、水色の変化、pHの上昇等の変化が生じ、更に現象が進むとアオコや淡水赤潮等の発生とそれに伴う景観の悪化、カビ臭の発生による利水障害等があり、その影響は広範囲に及ぶ。

富栄養化現象の発生メカニズムを推定するためには、水質調査結果及び底質調査結果の解析や水質シミュレーションを用いた解析により富栄養化現象の発生過程を把握することが重要である。また、富栄養化現象によって影響を受ける対象(景観、上水道等)や影響の程度をできる限り定量的に把握する必要がある。

植物プランクトンの異常増殖に影響を及ぼす因子は多岐にわたり、かつ、詳細な因果関係については十分に解明が進んでいないことから、富栄養化現象の発生メカニズム解明は特に慎重に行う必要がある。そのため、「発生要因の推定に対するPDCAサイクルの導入」が重要となるが、発生メカニズムの推定に注力しすぎると、その解明に長期間を要し、対策実施が遅れてしまうことも考えられる。

このことから、富栄養化現象が現状では不確定要素を多分に含む現象であることを念頭に置き、対策検討に必要な解明レベルを十分に見定めた上で発生メカニズムの推定を行うことが重要である。

富栄養化現象の発生メカニズムを推定するための一般的な調査・検討としては、以下が

挙げられる。

- ・アオコ、淡水赤潮、カビ臭の原因となる植物プランクトンの消長と環境要素(気象・水象・水質)との応答関係を解析し、原因植物プランクトン発生に影響を及ぼす主要な要因を絞り込む。
- ・水質シミュレーションを用いた再現計算により、富栄養化現象発生時の貯水池内の流動特性及び水質特性を把握する。
- ・水質変化現象に係る情報提供や関連する水質調査結果を整理し、富栄養化現象による影響対象や問題の発生時期、発生期間、発生程度等を明確化する(例：貯水池内のアオコ発生レベルの推移、上水道取水地点や着水井等におけるカビ臭濃度の推移、上水道利用者からの情報提供の内容等)。

なお、富栄養化現象においては、学術的研究の進展や既往事例の蓄積等により発生メカニズムを推定するための調査の内容が随時追加、更新されている。このため、調査実施に当たっては、近年の技術動向を参考にすることの重要性が特に高いことに留意されたい。

3-1-2-5. その他の水質変化現象

その他の水質変化現象については、流域、流入水、貯水池内、放流水、下流河川における水質調査結果、水質シミュレーション、既往事例等を用いて、発生する水質変化現象の影響を明確にするとともに、水質変化現象の発生メカニズムの推定を行うことを基本とする。

【解説】

①硫化水素臭発生

硫化水素臭は、底層（ここでは、変水層(温度躍層)以深を指す。)や底質の嫌気化によって発生する。底層においてDO(溶存酸素量)やORP(酸化還元電位)が低下して硫酸還元菌の活動が活性化すると、主に底泥中に含まれる有機物が嫌気分解される際に、硫酸塩が硫酸還元菌による還元作用を受けて硫化水素が生じる。

したがって、個々のダム貯水池における硫化水素臭の発生メカニズムを推定するためには、水質調査結果及び底質調査結果の解析や水質シミュレーションを用いた解析により、硫化水素の発生過程を把握することが重要となる。また、実際に硫化水素臭発生によって影響を受ける対象や影響の内容(貯水池周辺環境の悪化(主に臭気)等)をできる限り定量的に把握する必要がある。

硫化水素臭の発生メカニズムを推定するための一般的な調査・検討としては、以下が挙げられる。

- ・硫化水素臭の発生状況と環境要素（主に底層のDO(溶存酸素量)の分布及び時間変化)との応答関係を解析し、硫化水素臭発生に影響を及ぼす主要な要因を絞り込む。
- ・水質シミュレーションを用いた再現計算により、硫化水素臭発生時の貯水池内の流動特性及び水質特性を把握する。
- ・硫化水素臭発生に係る情報提供や関連する水質調査結果を整理し、硫化水素臭発生による影響対象や問題の発生時期、発生期間、発生程度等を明確化する(例：上水道取水地点等における鉄及びマンガン濃度の推移、上水道利用者からの情報提供の内容等)。

②赤水・黒水発生

赤水・黒水は、流入河川に起因する場合のほか、ダム貯水池の底層においてDO(溶存酸素量)やORP(酸化還元電位)が低下して底泥が還元状態になると、底泥に含まれる鉄やマンガンが還元作用を受けて鉄イオンやマンガンイオンとして溶出した後、移流・拡散による好気条件下での酸化で発生する。

したがって、赤水・黒水の発生メカニズムを推定するためには、水質調査結果の解析や水質シミュレーションを用いた解析により、赤水・黒水の発生過程を把握することが重要となる。また、実際に赤水・黒水発生によって影響を受ける対象や影響の内容(上水道取水、下流河川環境(主に河床の変色)等)をできる限り定量的に把握する必要がある。

赤水・黒水の発生メカニズムを推定するための一般的な調査・検討としては、以下が挙げられる。

- ・赤水・黒水の発生状況と環境要素(主に底層のDO(溶存酸素量)の分布及び時間変化)との応答関係を解析し、赤水・黒水発生に影響を及ぼす主要な要因を絞り込む。
- ・水質シミュレーションを用いた再現計算により、赤水・黒水発生時の貯水池内の流動特性及び水質特性を把握する。
- ・赤水・黒水発生に係る情報提供や関連する水質調査結果を整理し、赤水・黒水発生による影響対象や問題の発生時期、発生期間、発生程度等を明確化する(例：貯水池周辺住民からの情報提供の内容等)。

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 2) ダム貯水池水質用語集：財団法人ダム水源地環境整備センター、平成 18 年 3 月
- 3) 生物起因の異臭味水対策の指針：日本水道協会、平成 11 年 5 月
- 4) 多目的ダムの建設：財団法人ダム技術センター、平成 17 年 6 月
- 5) 湖沼における水理・水質管理の技術：湖沼技術研究会、平成 19 年 3 月

3-2. 対策検討・実施

3-2-1. 目標設定

3-2-1-1. 概要

水質改善対策を検討する際には、住民目線の目標の設定と対策実施後の効果を把握するための指標値の設定を行うことを基本とする。

【解説】

水質改善対策を検討する際には、改善対策により期待する水質状況に対し、例えば「発生している水質変化現象を抑制する」あるいは「発生している水質変化現象に起因する具体的な問題を回避する」といった住民目線の目標を設定する。また、水質改善対策実施後の効果を把握するために、水質変化現象と関連性の強い水質項目を用いた具体的な指標値も併せて定める。

目標設定において、水質改善の目標だけでなく具体的な指標値を定めるのは、水質改善対策の実施後、その効果を確認する際に一定の指標値のもとで評価することにより、水質改善対策の有効性を明確に示すことができるほか、対策の見直しが必要な場合にも設定した指標値と実態との乖離を把握することで見直しの方向性やレベルを判断することができるためである。

指標値の設定は、以下を参考に、水質変化現象の特徴を踏まえたものとする必要があるが、対策実施後に目標達成状況をモニタリングすることも考慮し、計測しやすい指標値にすることも必要である。

- ・環境基準
- ・当該ダムにおける既往調査結果
- ・他ダムでの指標値の設定事例
- ・対象とする水質変化現象に関する文献
- ・水質変化現象により影響を受ける流域関係者の意見・要望
(求められる湖面の状況、水質問題発生の際の警報値となりうる水質レベル)
- ・貯水池水質や対策対象物質の化学変化あるいは対策対象生物の生理生態に精通した学識者等からの指導・助言

なお、対策実施後は設定した指標値の達成状況や水質変化現象の発生状況を適宜把握する必要があるが、その結果から当初に設定した指標値に問題がある(水質変化現象の発生状況との相関が低い、管理上あるいは効果評価に当たっての指標として扱いづらい等)場合や対策施設の運用期間が長期となり要求される目標に変化がある場合等には、必要に応じてより適切な目標や指標値に見直す。目標や指標値を見直す際には、その経緯や考え方についても

記録しておくことが重要である。

指標値の設定は、設定した値の性格や意味を十分考慮して行う。例えば、設定した指標値がそれを超過すると大きな影響や被害を引き起こす明確な閾値である場合には、厳密な管理が必要となる。一方、設定した指標値が対象生物の増殖環境を表す値等の栄養塩環境を示す目安値等である場合には、指標値の多少の超過は許容され、おおむねその値以下を維持していれば目的は達していると評価できる。

このように、指標値の設定は、対策の対象となる水質変化現象の性質や水質変化現象によって引き起こされる水質問題の影響の程度によって捉え方も異なることから、各ダム貯水池において十分に吟味して行うことが重要である。

3-2-1-2. 冷・温水現象

冷・温水現象に対する水質改善目標は、主に下流河川における利水、生物生息環境への影響等を考慮して設定することを基本とする。

【解説】

冷・温水現象による影響は、ダム貯水池からの放流水が下流河川で農業用水として活用される際に農作物の生育に影響を与える場合や、下流河川の生態系(魚類や底生生物等の生育・生息環境)に影響を与える場合に顕在化する。

したがって、冷・温水現象に対する水質改善目標は、利水関係者の意見・要望等も参考にして、対象物への影響を一定程度に縮減・緩和するために必要となる水温及び期間をより具体的に設定することが重要である。

以下に、冷・温水現象に対する水質改善目標の設定例を挙げる。

目標の設定例：下流河川における冷・温水現象の発生を抑制する。

指標値の設定例：放流水温 0°C 以下を Δ 日間以上継続させない。

●月～▲月間は放流水温を 0°C 程度とする。

放流水温と流入水温の差が● $^{\circ}\text{C}$ 以上となる期間を▲日以下とする。

3-2-1-3. 濁水長期化現象

濁水長期化現象に対する水質改善目標は、主に下流河川における利水、生物生息環境、景観への影響等を考慮して設定することを基本とする。

【解説】

濁水長期化現象による影響は、上水道や農業用水への影響(取水障害、濁水の農作物への影響等)、下流河川の生態系への影響(濁りによる付着藻類の生育阻害、それに伴う魚類の餌料の減少、魚類の忌避行動等)、貯水池や下流河川での景観の悪化等として顕在化する。

したがって、濁水長期化現象に対する水質改善目標は、利害関係者の意見・要望等も参考にして、対象物への影響を一定程度に縮減・緩和するために必要となる濁度及び期間をより具体的に設定することが重要である。

以下に、濁水長期化現象に対する水質改善目標の設定例を挙げる。

目標の設定例：下流河川における濁水長期化現象の発生を抑制する。

指標値の設定例：○月～●月間の平水時の下流河川濁度を△度以下に維持する。

3-2-1-4. 富栄養化現象

富栄養化現象に対する水質改善目標は、主に貯水池及び下流河川における利水、景観への影響等を考慮して設定することを基本とする。

【解説】

富栄養化現象による影響は、上水道への影響(カビ臭や藻臭、ろ過障害等)、貯水池での景観の悪化等として顕在化する。

したがって、富栄養化現象に対する水質改善目標は、利害関係者の意見等も参考にして、対象物への影響を一定程度に縮減・緩和するために必要となる水質項目や景観レベル等をより具体的に設定することが重要である。

以下に、富栄養化現象に対する水質改善目標の設定例を挙げる。

目標の設定例：貯水池内でアオコ的大量発生を抑制する。

貯水池内で淡水赤潮の大量発生を抑制する。

貯水池内で発生するカビ臭が上水道に影響を与えないようにする。

指標値の設定例：貯水池内のアオコレベル[※]を○以下に維持する。

貯水池内の淡水赤潮原因生物の細胞密度を○細胞/mL以下に維持する。

夏季(6月～10月)のクロロフィルa濃度を●μg/L以下に維持する。

水道取水地点のカビ臭原因物質の濃度を△ng/L以下に維持する。

※アオコレベルの設定に関しては、国立研究開発法人国立環境研究所の提案する「見た目アオコ指標」等が参考になる。

(<https://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsume/sr-024-98b.html>)

	
レベル0： アオコ発生は確かめられない。	レベル4： 膜状にアオコが湖面を覆う。
	
レベル1： アオコ発生が肉眼では確認できない。 (ネットで引いたり、白いバットに汲んで良く見ると確認できる)	レベル5： 厚くマット状にアオコが湖面を覆う。
	
レベル2： うっすらとすじ状にアオコの発生が認められる。 (アオコがわずかに水面に散らばり肉眼で確認できる)	レベル6： アオコがスカム状(厚く堆積し、表面が白っぽくなったり、紫・青の縞模様になることもある)に湖面を覆い、腐敗臭がする。
	
レベル3： アオコが水の表面全体に広がり、所々パッチ状になっている。	

図 3-2 見た目アオコ指標(出典：国立環境研究所)

3-2-1-5. その他の水質変化現象

その他の水質変化現象に対する水質改善目標は、主に貯水池及び下流河川における利水、生物生息環境への影響等を考慮して設定することを基本とする。

【解説】

その他の水質変化現象には、「硫化水素臭発生」や「赤水・黒水発生」があるが、これらは上水道への影響(赤水・黒水の発生等)、下流河川の河床の着色や水生生物への影響等として顕在化する。これらの水質変化現象は、いずれも底層の嫌気化に起因して発生する。

したがって、「硫化水素臭発生」及び「赤水・黒水発生」に対する指標値の設定は、対策実施後の目標達成程度を簡易に把握することも考慮すると、対策の対象物質の濃度を直接用いるだけでなく、対象物質の溶出を一定程度に縮減・緩和するために必要となるDO(溶存酸素量)を採用することも考えられる。

以下に、底層嫌気化に係る水質変化現象に対する水質改善目標の設定例を挙げる。

目標の設定例：底層嫌気化に伴う水質変化現象の発生を抑制する。

指標値の設定例：底層の鉄／マンガン濃度を○mg/L以下に維持する。

放流水鉄／マンガン濃度を△mg/L以下に維持する。

底層DO(溶存酸素量)を●mg/L以上で維持する。

【参考文献】

- 1) 湖沼環境指標の開発と新たな湖沼環境問題の解明に関する研究，国立環境研究所特別研究報告 SR-24-'98：国立環境研究所、平成10年3月

3-2-2. 対策の一次抽出

水質改善対策は、水質改善効果が期待できる対策を一次抽出した上で、水質シミュレーション等を用いて選定することを基本とする。

【解説】

当該ダム貯水池における水質改善対策を選定する際には、様々な対策の効果を網羅的に予測・評価して最適な対策を選定するのではなく、水質改善の可能性を有する対策を一次抽出した上で、水質シミュレーションや貯水池特性の類似する他ダムでの対策事例等を参考に選定することが効率的である。なお、貯水池特性の類似するダムとは、貯水池規模、回転率、負荷量等の貯水池特性が類似するダム貯水池や周辺地域で同種の水質変化現象が発生しているダム貯水池を指す。

対策候補の一次抽出を行う際には、新技術を用いることにより、効果的・効率的に水質改善をすることが可能となる場合もあることから、他ダムで検討されている新技術や新技術情報システム(NETIS)に登録されている対策等から幅広く情報を収集し、対策適用の可能性を検討した上で、適切な対策を複数抽出することが重要である。例えば、底質改善剤や吸着剤による対策技術、ICT、IOT、AI等を活用した制御技術などの新技術の活用が期待される。

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 2) ダム貯水池水質用語集：財団法人ダム水源地環境整備センター、平成 18 年 3 月
- 3) 生物起因の異臭味水対策の指針：日本水道協会、平成 11 年 5 月
- 4) 多目的ダムの建設：財団法人ダム技術センター、平成 17 年 6 月
- 5) 湖沼における水理・水質管理の技術：湖沼技術研究会、平成 19 年 3 月

3-2-3. 対策選定及び諸元設定

3-2-3-1. 概要

水質改善対策の選定は、一次抽出した対策について、水質シミュレーションや経験的な算出式を活用する等して水質改善効果を予測し、水質改善効果の比較や経済性等から総合的に判断することを基本とする。

また、選定された水質改善対策の諸元は、対策選定時の条件をもとに対策の位置、基数、規模等について適切に決定することを基本とする。

【解説】

「3-2-2. 対策の一次抽出」において選定された案については、「3-2-1. 発生メカニズムの推定」において使用したシミュレーションモデルに対策による効果(流動変化や流入負荷量の変化等)を表現できるサブモデルを付加して予測計算を行い、当該ダムにおける水質改善効果を試算する。

対策を決定する際には、予測計算結果の比較等から得られた各対策候補の水質改善効果(水質改善目標の達成程度等)に加えて、投資効率性、対策実現性(対策施設の設置スペース等の制約)、緊急性(対策実施に要する期間が問題解決に求められる期間を満たしているか)等の観点から総合的に判断する。

対策選定において水質改善効果を比較する際には、選択する対策の種類によっては、その効果がトレードオフの関係となる場合もある(例えば、冷水現象と濁水長期化現象、温水現象と富栄養化現象、濁水長期化現象と富栄養化現象)ことから、複数の水質変化現象への対応が求められる場合には、水質改善の優先度やバランスを勘案して対策選定を行うことが重要である。

対策選定における経済性は、対策の実施に伴う初期費用(イニシャルコスト)だけでなく運用に伴う費用(ランニングコスト 例：電気代、更新費用等)も含めたライフサイクルコストによって評価することが重要である。投資効率性を判断する際には、「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針(共通編)」や「河川に係る環境整備の経済評価の手引き」が参考になる。

選定された対策については、水質シミュレーションによる予測結果や経験的な算出式を用いて対策施設の規格(規模・基数・配置等)を決定し、「3-2-4. 対策の詳細設計」及び「3-2-5. 運用ルールの設定及びモニタリング調査計画立案」に必要な情報として整理する。

なお、対策選定や対策施設の諸元を決定する際に水質シミュレーションを用いる場合は、水文条件等に関する不確実性を踏まえた上で、様々な貯水池環境においても対策効果を発揮することができるよう、計算年を複数年設定して検討することが重要である。また、複数の対策施設を実施する場合には、各々の対策施設の水質改善効果への寄与度を試算して

おくと、対策実施後の不測の事態発生により対策施設が停止した場合の影響を評価する際に有益な情報となり得る。

水質シミュレーションを実施する際には、入力条件・境界条件の設定や再現性の確認のために、事前に必要なデータを調査等により取得しておくことが重要である。

しかし、現状では水質シミュレーションによって再現できる現象に限界がある。これは発生メカニズムが十分に把握されていない、あるいはメカニズムは把握されていてもそれをモデル化できていない水質変化現象があることに由来する。

例えば、富栄養化現象では、アオコの平面的な分布や表層付近への集積は、現在一般的に使用されている水質シミュレーションモデルでの再現は困難と言われている。また、水質改善対策として新技術の導入を検討する際には、その対策により貯水池内で生じる変化についてのメカニズムが十分に把握されている必要がある。

このことから、水質シミュレーションを使用する際には、水質シミュレーションモデルで再現可能な水質変化現象の範囲や精度に留意する必要があり、必要に応じて学識者等からの助言を参考としながら、再現性向上に資するサブモデルの追加等の新たな解析方法の導入を検討することも必要である。

なお、水質シミュレーションの使用が困難な場合の対策を選定する方法としては、他ダムでの実施事例から当該ダムでの水質改善効果を推測する方法や、実証実験による効果把握を行う方法等がある。他ダムでの実施事例から当該ダムでの水質改善効果を推察する際には、両ダムにおける特性の相違点が水質改善効果にどの程度影響を及ぼすかを検討することが重要である。これによりの確な対策を選定されるだけでなく、より効率的な対策規模の推定が可能となるものと考えられる。

3-2-3-2. 冷・温水現象

冷・温水現象の対策は、水質シミュレーションを用いた目標の達成状況や水質改善効果、経済性等から総合的に判断して選定することを基本とする。

選定された水質改善対策は、対策選定時の条件をもとに対策の位置、基数、規模等について適切な諸元を決定することを基本とする。

【解説】

冷・温水現象の対策については、水質シミュレーションにより現象の再現結果が得られること、水質改善対策に対する予測結果の信頼瀬が高いこと、対策選定や運用ルールの設定において日単位の予測結果が要求される場合が多いことから、水質シミュレーションを積極的に活用することを基本とする。

冷・温水現象の対策選定の際の比較方法及び対策諸元の一般的な設定方法としては、以下が挙げられる。

①対策選定の際の比較方法

冷・温水現象を対象にした対策効果は、流入水温と放流水温の差(図 3-3)や対策の対象物(農作物や下流河川の生態系)に影響を与える水温を放流する期間の縮減程度(図 3-4)等で比較検討することができる。



図 3-3 水質シミュレーションによる放流河川水温の比較の例

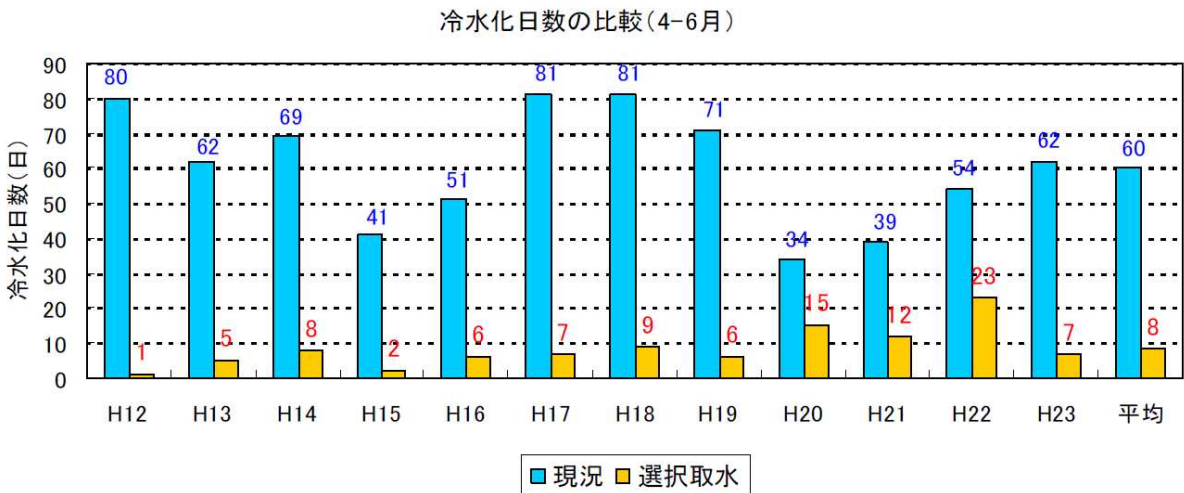


図 3-4 冷水放流日数の比較の例

②対策諸元の設定方法

- ・水質シミュレーションの入力条件や境界条件の設定及び水質シミュレーションの再現性の確認のために必要となる流入河川、貯水池内、放流河川の水温データを取得する。
- ・必要な放流量や取水量を踏まえた上で、水質シミュレーションや算出式を活用して選択取水設備の規格(取水標高等)や運用方法を決定する。
- ・対策効果を発現するために必要となる循環混合状態(水温成層状況)を水質シミュレ-

ションや算出式(経験式)等により設定し、曝気循環設備の規格(吐出量・吐出水深・基数・配置等)を決定する。

3-2-3-3. 濁水長期化現象

濁水長期化現象の対策は、水質シミュレーション等を用いた目標の達成状況や水質改善効果、経済性等から総合的に判断して選定することを基本とする。

選定された水質改善対策は、対策選定時の条件をもとに対策の位置、基数、規模等について適切な諸元を決定することを基本とする。

【解説】

濁水長期化現象については、水質シミュレーションによる現象解析や対策による効果予測がおおむね可能であるが、濁質を構成する粒度組成と沈降速度の設定に不確実性があり、水温に比べて一般的に再現性が低い。

したがって、対策選定及び諸元設定を行う際には、水質シミュレーションの活用を基本としつつ、他ダムでの対策事例を参照することが望ましい。また、必要に応じて現地に対策設備を試験的又は段階的に導入することも考えられる。

濁水長期化現象への対策を検討する際には、選定する対策によってはその効果がトレードオフの関係となることに留意する必要がある。例えば、中規模出水時に濁水放流を回避するため、選択取水設備の取水深を水温躍層以深の低水温層に変更すると、濁水放流は軽減するものの冷水が放流されることとなり、冷水現象が生じる可能性がある。また、濁水長期化現象の発生時に出水後に表層からの清澄水の放流を継続すると表層付近の温水層がなくなり、中層以深の冷水を放流せざるを得なくなることで、冷水現象が生じる可能性がある。

したがって、濁水長期化現象の対策を検討する際には、冷・温水現象への影響を考慮し、水質改善の優先度や下流域への影響等を勘案して、総合的な観点から対応を行うことが重要である。

また、治山事業や砂防ダム設置等のダム管理者以外による流域対策が実施される場合には、流域対策の進捗に伴って流入土砂量や土砂性状が変化することにより、ダム貯水池内の濁水長期化現象の発生状況の緩和等の好影響や、流入負荷量の減少による富栄養化現象の緩和といった副次的効果が及ぶことも考えられる。

したがって、対策選定及び諸元設定を行う際には、これら流域対策の実施等の外的要因の変化も踏まえて、段階的な対策の実施の可能性についても検討することが望ましい。

濁水長期化現象の対策選定の際の比較方法及び対策諸元の一般的な設定方法としては、以下が挙げられる。

①対策選定の際の比較方法

濁水長期化現象を対象にした対策効果は、流入濁度と放流濁度の差や対策の対象物(農作物や下流河川の生物等)に影響を与える濁度とその継続期間の縮減程度(日数や縮減率:表 3-3)等で比較検討することができる。

表 3-3 水質シミュレーション結果の比較(濁水放流日数と軽減率)の例

保全対策		現況	バイパス無し	土砂バイパスのみ	土砂+清水 ^{注1)}
		表層取水	高濁度放流	高濁度放流	高濁度放流
濁水放流日数	(日)	313	297	283	275
「現況」との差	(日)	—	-16	-30	-38
軽減率 ^{注2)}	(%)	—	-5.1	-9.6	-12.1

注1)土砂+清水:土砂バイパスと清水バイパスを併設

注2)軽減率:(保全対策時濁水放流日数-現況濁水放流日数)÷現況濁水放流日数

②対策諸元の設定方法

- ・水質シミュレーションの入力条件や境界条件の設定及び水質シミュレーションの再現性の確認のために必要となる流入河川、貯水池内、放流河川の水温及び濁度データ等を取得する。
- ・必要な放流量や取水量を踏まえた上で、水質シミュレーション等を活用して選択取水設備の規格(取水標高等)を決定する。
- ・対策効果を発現するために必要となる貯水池内の流動制御状況を水質シミュレーション等により設定し、流動制御フェンスの規格(フェンス深・位置・枚数等)を決定する。

3-2-3-4. 富栄養化現象

富栄養化現象の対策は、水質シミュレーションや他ダムでの実績等を参考にした目標の達成状況や水質改善効果、経済性等から総合的に判断して選定することを基本とする。

選定された水質改善対策は、対策選定時の条件をもとに対策の位置、基数、規模等について適切な諸元を決定することを基本とする。

【解説】

富栄養化現象は、水質シミュレーションによる現象再現及び対策による効果の予測計算のうち、貯水池内流動を扱う流動モデルに関しては、広く一般に使われているモデルを用いることにより現象再現がおおむね可能である。一方、植物プランクトンや動物プランクトンの生物生産、捕食、死滅、沈降、競合等を扱う生態系モデルに関しては、いまだ生態が未解明な部分も多くあり、広く一般に使われているモデルは、クロロフィル a 濃度はお

おむね良好に再現できるが、課題が残されている。例えば、植物プランクトンを藍藻類、珪藻類、緑藻類に大別して計算するモデルもあるが、植物プランクトンの種別までは考慮されていない。また、競合関係については概念的なモデルが使用されている。また、カビ臭を問題とする場合には原因となる藍藻類の消長とカビ臭の発生に相関関係が見られない場合がある。

このため、対策選定や諸元設定において、水質シミュレーションのみを拠り所としてその効果を予測すると、実際に対策を実施した際に当初想定していない状態(十分に水質改善効果が得られない、アオコからカビ臭に現象が変化する等)となる可能性もある。

したがって、富栄養化現象について対策選定及び諸元設定を行う際には、水質シミュレーションの活用だけでなく、他ダムでの対策事例を参照することが望ましい。また、必要に応じて現地に対策設備を試験的又は段階的に導入することも考えられる。

富栄養化現象への対策を検討する際には、選定する対策によってはその効果がトレードオフの関係となることに留意する必要がある。例えば、富栄養化現象の対策として曝気循環装置を選定した場合には、原因植物プランクトンの増殖が抑制される一方で、貯水池中層部の水温が相対的に高くなることで放流水温が高くなり、温水現象を引き起こす可能性がある。また、曝気循環装置を稼働することにより貯水池内の鉛直循環混合が促進されることで出水時に流入した濁質の沈降が抑制され、濁水長期化現象を引き起こす可能性もある。

したがって、富栄養化現象の対策を検討する際には、温水現象や濁水長期化現象への影響を考慮し、水質改善の優先度や下流域への影響等を勘案して、総合的な観点から対応を行うことが重要である。

また、下水道等の整備や下水処理方式の高度化、農地における施肥の適正化の促進、家庭からの排出負荷削減の取組といった流域対策が実施される場合には、流域対策の進捗に伴ってダム貯水池への流入負荷が削減されることにより、ダム貯水池内での富栄養化現象の発生状況や湖内対策の効果に影響が及ぶことも考えられる。

したがって、対策選定及び諸元設定を行う際には、これら流域対策の実施等の外的要因の変化も踏まえて、段階的な対策の実施の可能性についても検討することが望ましい。

なお、富栄養化現象の対策選定の際の比較方法及び対策諸元の一般的な設定方法としては、以下が挙げられる。

①対策選定の際の比較方法

富栄養化現象を対象にした対策効果は、主に貯水池内での原因生物(植物プランクトン等)の異常発生をどの程度抑制可能かを比較検証することが重要であり、その指標としては生物生産量の目安であるクロロフィル a 濃度が一般的に用いられている(図 3-5)。

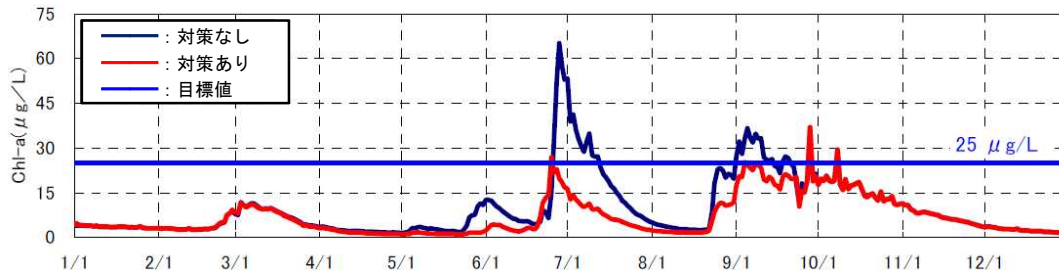


図 3-5 水質シミュレーションによる貯水池表層のクロロフィル a 濃度の比較の例

②対策諸元の設定方法

- ・水質シミュレーションの入力条件や境界条件の設定及び水質シミュレーションの再現性の確認のために必要となる流入河川、貯水池内、放流河川の水質データを取得する。
- ・対策効果を発現するために必要となる貯水池内の流動制御状況を水質シミュレーションや他ダムでの実績、場合によっては現地に対策設備を試験的又は段階的に導入して設定し、浅層循環設備の規格(吐出量・吐出水深・基数・配置等)を決定する。
- ・対策効果を発現するために必要となる栄養塩類の流入負荷削減量を水質シミュレーション等により設定し、流入水バイパスの諸元(取水量等)を決定する。

3-2-3-5. その他の水質変化現象

その他の水質変化現象の対策は、水質シミュレーションや他ダムでの実績等を参考にした目標の達成状況や水質改善効果、経済性等から総合的に判断して選定することを基本とする。

選定された水質改善対策は、対策選定時の条件をもとに対策の位置、基数、規模等について適切な諸元を決定することを基本とする。

【解説】

硫化水素臭の発生や赤水・黒水の発生といった底層嫌気化に係る水質変化現象は、貯水池湖底からの原因物質の溶出に起因して発生することがほとんどである。このため、水質シミュレーションによる現象再現や対策による予測計算において、貯水池内流動の再現はおおむね可能である。また、貯水池湖底からの溶出や溶出物質の酸化といった化学反応についても、文献値や現地底泥を用いた実験から得られるパラメータ値等を入力することも可能である。

したがって、底層嫌気化に係る水質変化現象について対策選定及び諸元設定を行う際には、水質シミュレーションの活用を基本としつつ、他ダムでの対策事例を参照することが望ましい。また、必要に応じて現地に対策設備を試験的又は段階的に導入することも考えられる。

なお、底層嫌気化に係る水質変化現象の対策選定の際の比較方法及び対策諸元の一般的な設定方法としては、以下が挙げられる。

①対策選定の際の比較方法

「硫化水素臭発生」及び「赤水・黒水発生」を対象にした対策効果は、両現象が何れも底層嫌気化に伴い発生するものであることから、その指標としては対象となる物質の濃度（硫化水素、鉄、マンガン）だけでなくDO（溶存酸素量）も活用する（図 3-6）。

②対策諸元の設定方法

- ・水質シミュレーションの入力条件や境界条件の設定及び水質シミュレーションの再現性確認のために必要となる流入河川、貯水池内、放流河川の水質データやDO消費速度の実験結果等を取得する。
- ・貯水池形状や流動特性等を踏まえ、対策効果を発現するために必要となる酸素供給量を水質シミュレーション等により設定し、深層曝気設備の規格（吐出量・吐出深度・基数・配置等）を決定する。

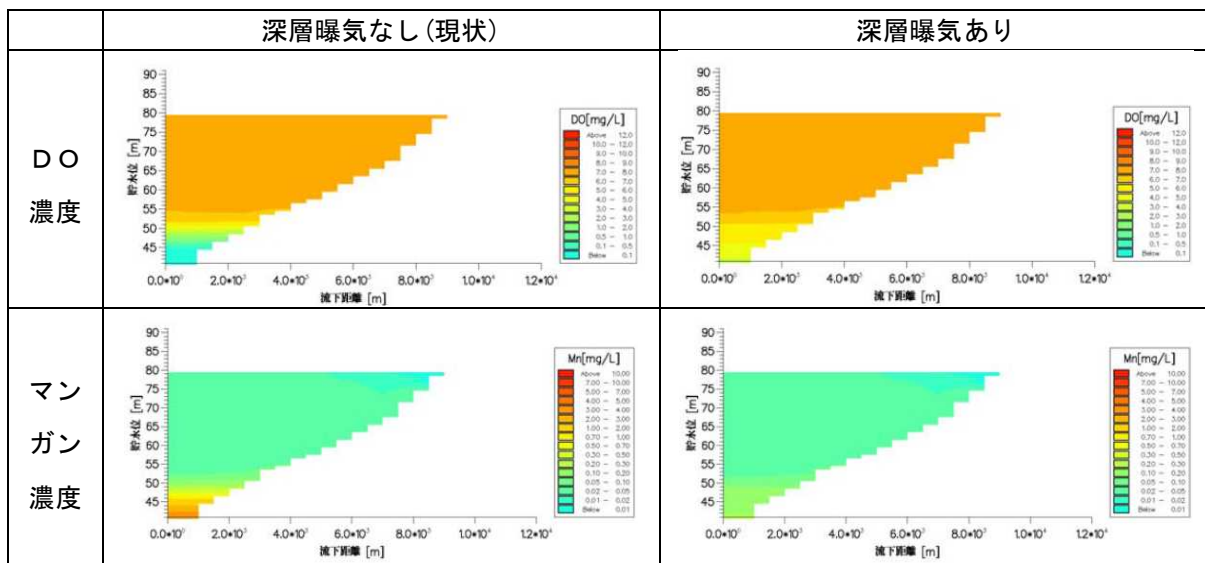


図 3-6 水質シミュレーションによる対策有無によるDO（溶存酸素量）及びマンガンの比較の例

【参考文献】

- 1) 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）：国土交通省、平成 21 年 6 月
- 2) 河川に係る環境整備の経済評価の手引き：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 28 年 3 月
- 3) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 4) ダム貯水池水質用語集：財団法人ダム水源地環境整備センター、平成 18 年 3 月
- 5) 生物起因の異臭味水対策の指針：日本水道協会、平成 11 年 5 月

- 6) 曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案)：国土交通省 河川局 河川環境課、平成 17 年 10 月
- 7) 湖沼における水理・水質管理の技術：湖沼技術研究会、平成 19 年 3 月
- 8) 多目的ダムの建設：財団法人ダム技術センター、平成 17 年 6 月

3-2-4. 対策の詳細設計

選定された水質改善対策は、現場条件を踏まえた詳細な設置位置や係留施設の設計、施工計画の検討等を行い、設置工事に必要な図書等の作成を行うことを基本とする。

【解説】

前項までの検討で決定した水質改善対策について、施工に当たっての詳細設計を行う。詳細設計では、現場条件を踏まえた詳細な設置位置や係留施設の設計（構造計算を含む。）、施工計画の検討等を行った上で、設計図面・数量計算書等を作成する。

なお、対策設備の新設又は既存施設の改造等を行う場合については、ダムの貯留機能に影響を及ぼす、あるいは利水機能に影響を及ぼす可能性について確認するとともに、その影響を最小限に抑えるよう施工計画を検討する。

3-2-5. 運用ルールの設定及びモニタリング調査(実証運用時調査)計画立案

3-2-5-1. 概要

選定された水質改善対策については、実証運用時の運用ルールを設定するとともに、水質改善対策の有効性を確認するためのモニタリング調査(実証運用時調査)計画を立案することを基本とする。

【解説】

「3-2-3. 対策選定及び諸元設定」で決定した水質改善対策について、実際の稼働に当たっての実証運用時の運用ルールの設定を行う。この段階での運用ルールは、水質シミュレーションによる予測計算や他ダムにおける事例等をもとに設定するが、操作が煩雑とならないよう貯水池運用の実態に合わせたものとする必要がある。

対策実施による効果を検証するため、実証運用時のモニタリング計画を立案する。この段階におけるモニタリング調査計画は、以下の事項を確認することを目的として、新技術を活用した観測機器の導入等も視野に入れ、必要な項目や頻度等を設定する。

- ①水質変化現象の抑制状況又は水質変化現象に起因する具体的な問題の回避状況
- ②水質改善の指標値の達成状況
- ③水質改善対策の機能
- ④その他の水質変化現象への影響

なお、このモニタリング調査は、調査要領における水質保全設備管理運用調査の中の実証運用時調査に位置づけられる。モニタリング期間は、おおむね3年を目安としている。

この調査を実施することにより、対策の効果が十分に発揮されない場合等には、モニタリング期間を延長して対策効果の再確認を行うことや、状況に応じて必要な段階まで検討プロセスを立ち返って見直す。

3-2-5-2. 冷・温水現象

選定された水質改善対策について、実証運用時の運用ルールを設定するとともに、水質改善対策の有効性を確認するためのモニタリング調査(実証運用時調査)計画を立案することを基本とする。

【解説】

冷・温水現象の対策に係るモニタリング調査は、日々の水温変化をモニタリングすることが重要であることから、流入河川、貯水池内、放流河川における水温自動計測による連続監視を基本とし、必要な項目や頻度等を設定する。また、必要に応じて下流河川における生物調査や流域関係者からの意見聴取を行うものとする。

3-2-5-3. 濁水長期化現象

選定された水質改善対策について、実証運用時の運用ルールを設定するとともに、水質改善対策の有効性を確認するためのモニタリング調査(実証運用時調査)計画を立案することを基本とする。

【解説】

濁水長期化現象の対策に係るモニタリング調査は、濁水発生後の濁度変化をモニタリングする必要があることから、流入河川、貯水池内、放流河川における濁度自動計測による連続監視を基本とし、必要な項目や頻度等を設定する。また、必要に応じて下流河川における生物調査や流域関係者からの意見聴取を行うものとする。

3-2-5-4. 富栄養化現象

選定された水質改善対策について、実証運用時の運用ルールを設定するとともに、富栄養化改善対策の有効性を確認するためのモニタリング調査(実証運用時調査)計画を立案することを基本とする。

【解説】

富栄養化現象の対策に係るモニタリング調査は、水質改善目標や選定した対策の機能によって調査内容が大きく異なるため、モニタリング調査計画の作成の際には十分に検討を行う必要がある。また、必要に応じて流域関係者への富栄養化現象に関する意見聴取や景観に対する意識調査(アオコレベルの確認地点、確認対象、確認頻度)等を行うものとする。

3-2-5-5. その他の水質変化現象

選定された水質改善対策について、実証運用時の運用ルールを設定するとともに、水質変化現象の改善対策の有効性を確認するためのモニタリング調査(実証運用時調査)計画を立案することを基本とする。

【解説】

底層嫌気化にかかわる「硫化水素臭発生」及び「赤水・黒水発生」の対策は、底層の溶存酸素濃度を向上させる、あるいは原因となる溶出物質を含まない貯留水を放流することにより効果を発揮する。この対策に係るモニタリング調査は、対象となる硫化水素、鉄、マンガンなど還元物質のほか、溶存酸素や酸化還元電位、電気伝導度など酸化還元に係る項目について、貯水池内の鉛直分布の状況や放流水中の濃度を計測することを基本とする。また、必要に応じて流域関係者への底層嫌気化にかかわる水質変化現象に関する意見聴取を行うものとする。

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 2) 曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案)：国土交通省 河川局 河川環境課、平成 17 年 10 月

3-2-6. 対策の実施

選定された水質改善対策のうち対策設備の新設又は既存施設の改造等を行う場合には、詳細設計の結果を踏まえて対策を実施することを基本とする。

【解説】

「対策検討及び諸元設定」で決定した水質改善対策については、「3-2-4. 対策の詳細設計」において作成された設計図面をもとに対策設備を施工する。

なお、対策の実施に当たっては、利水者等との調整を行うものとする。

3-3. 効果確認(対策検討・実施プロセス)

3-3-1. 対策効果発現状況の確認

3-3-1-1. 概要

実施した水質改善対策の効果発現状況については、モニタリング調査結果等を用い、水質改善対策の有効性の観点から評価を行うことを基本とする。

【解説】

対策検討の結果を受けて実施した水質改善対策は、対策実施からおおむね3年のモニタリング期間を設けて状況の変化を把握し、水質改善対策の効果発現状況进行评估する。これにより、対策の問題点や改善点が明らかとなり、その後の水質改善対策の適正化(運用ルールの改善、その他の水質改善対策の実施等)を行うことが可能となる。

対策効果発現状況の確認は、以下の項目について行う。

①水質変化現象の抑制状況又は水質変化現象に起因する具体的な問題の回避状況の確認

水質変化現象の抑制状況又は水質変化現象に起因する具体的な問題の回避状況をモニタリング調査結果から確認する。確認の方法としては、モニタリング調査結果から得られる水質データや巡視結果、利用者からの情報提供の内容等を整理し、水質改善対策実施前後で比較すること等が考えられる。

②水質改善の指標値の達成状況の確認

設定した水質改善の指標値の達成状況をモニタリング調査結果から確認する。確認の方法としては、指標値の達成日数(あるいは未達成日数)や達成割合を算出すること等が考えられる。

③水質改善対策の機能確認

水質改善対策を運用することにより現れる変化やそれに伴う水質改善効果をモニタリング調査結果から確認する。

水質改善対策の機能確認は、直接的な機能と間接的な機能に分けて確認する必要がある。直接的な機能は、水質改善対策設備の能力(散気式曝気装置の空気吐出量や深層曝気施設の酸素移動効率等)や物理環境の変化(水温成層や流速分布、濁度といった流動にかかわる指標や底層DO(溶存酸素量)等)によって確認することができる。

一方、間接的な機能は、直接的な機能の発現による水質の変化(水温成層の変化に伴う植物プランクトンの存在量(細胞密度やクロロフィルa濃度)の増減や種構成の変化、底層DO(溶存酸素量)の変化に伴う鉄やマンガンの溶出量等)によって確認することができる。

対策効果発現状況の確認に当たっては、モニタリング調査結果を整理し、水質改善対策実施前後で比較すると分かりやすい。また、「3-2. 対策検討・実施」において構築した水質シミュレーションモデルを活用して対策を実施しなかった場合の直接的・間接的機能を予測計算し、対策を実施した場合(実測値)と比較する方法も考えられる。

なお、対策施設が設計どおりに効果を発揮しているかを確認すると、対策の効果が十分に発揮されない場合にどの段階まで検討を立ち返る必要があるかを判断することが可能となる。

確認の方法としては、例えば浅層循環設備による空気吐出量、深層曝気設備による酸素溶解量や酸素移動効率等をモニタリング調査結果から把握し、これらを設計値と比較すること等が考えられる。

④異なる水質変化現象の発生状況の確認

水質改善対策の実施により対象としていた水質変化現象の抑制や水質変化現象に起因する具体的な問題の回避が確認されていても、その副次的な作用が貯水池水質に悪影響を及ぼしている可能性もあることから、異なる水質変化現象が発生していないかを確認する。

確認の方法としては、モニタリング調査結果から得られる水質データや巡視結果、利用者からの情報提供の内容等を整理し、水質改善対策実施前後で水質データや巡視結果に傾向の変化がないか、新たに報告されるようになった情報提供等がないか等に注目することが考えられる。

水質改善対策による効果発現状況を確認した結果、対策効果が十分と認められない場合は、「3-2-5. 運用ルールの設定及びモニタリング調査(実証運用時調査)計画立案」において運用条件の変更を行うことで対応可能か検討を行う。検討の結果、運用ルールを適正化しても対応が困難な場合は、「3-2-3. 対策選定及び諸元設定」あるいは「3-1. 発生要因の推定」まで立ち返り、水質改善対策の改造、増設、撤去、新たな水質改善対策の実施等の検討を行った上で、対策を実施する。

水質改善対策による効果発現状況を確認した結果、異なる水質変化現象が発生した場合は、「3-1. 発生要因の推定」まで検討を立ち返って見直しを行う。特に、アオコからカビ臭への変化のように同じ富栄養化現象の中で異なる水質問題に変化した場合には、原因生物の生息環境が変化したことが考えられることから、「3-1. 発生要因の推定」まで検討を立ち返ることが重要である。

モニタリング期間中に大規模出水や渇水に伴う大幅な貯水位低下等の特異な事象が発生した場合には、対策効果発現状況の確認が困難になる場合がある。このような場合には、当該年をモニタリング期間として考慮する必要があるかを検討するとともに、モニタリン

グ期間を延長して評価の妥当性を確保する等の対応を検討する必要がある。

また、複数のダムが上下流に存在する場合には、下流ダムの水質変化現象に上流ダムの水質等が大きく影響を及ぼしている場合もあるため、効果確認に当たっては、上流ダムの水質状況も併せて確認することが重要である。

3-3-1-2. 冷・温水現象

冷・温水現象に対して実施した水質改善対策の効果発現状況については、モニタリング調査結果等を用い、水質改善対策の有効性の観点から評価を行うことを基本とする。

【解説】

冷・温水現象に対する水質改善対策は、流入水温と放流水温の差を小さくすること、あるいは既に流入水温に人為的影響が加えられている場合には下流河川での利水等の状況を踏まえて放流することでその効果を発揮することから、水質改善対策の効果発現状況の確認に当たっては、以下の項目に着目して行うことが重要である。

- ①冷・温水現象の抑制状況又は冷・温水現象に起因する具体的な問題の回避状況の確認
 - ・ 下流河川における対象魚類等の生息数を対策実施前後で比較して確認
 - ・ 対策実施前後の下流河川の農業・漁業関係者の意見を比較して確認

- ②冷・温水現象改善の指標値の達成状況の確認
 - ・ 対策実施後の放流水温の指標値達成日数で確認

- ③冷・温水現象改善対策の機能確認
 - ・ 貯水池内の水温鉛直分布や放流水温を対策実施前後で比較し、水温成層形成状況の違いから確認
 - ・ 対策を実施しなかった場合の貯水池内の水温鉛直分布や放流水温を水質シミュレーションにより予測計算し、対策を実施した場合の水温鉛直分布と比較して確認

- ④異なる水質変化現象の発生状況の確認

冷水現象と濁水長期化現象はトレードオフの関係となる場合があり、冷水対策実施後に濁水長期化現象が発生していないか注視することが重要である。

 - ・ 水質改善対策の実施前後の濁度データや巡視結果の比較により、濁水長期化現象が起きていないかを確認
 - ・ 流域関係者から濁水長期化に関する情報提供等を受けていないかを確認

3-3-1-3. 濁水長期化現象

濁水長期化現象に対して実施した水質改善対策の効果発現状況については、モニタリング調査結果等を用い、水質改善対策の有効性の観点から評価を行うことを基本とする。

【解説】

濁水長期化現象に対する水質改善対策は、流入した濁質を出水後早い段階で下流河川へ放流すること、又は貯水池内の清澄水を下流河川へ放流すること、若しくは流入する濁質分を貯水池全域に拡散させないことでその効果を発揮するため、水質改善対策の効果発現状況の確認に当たっては、以下の項目に着目して行うことが重要である。

①濁水長期化現象の抑制状況又は濁水長期化現象に起因する具体的な問題の回避状況の確認

- ・対策実施前後の対象魚類等の生息数、水道事業者からの苦情件数、景観に対する苦情件数等を比較して確認

②濁水長期化現象改善の指標値の達成状況

- ・対策実施後の放流濁度の指標値達成日数で確認

③濁水長期化現象改善対策の機能確認

- ・対策実施前後の貯水池内の濁度鉛直分布の推移を整理し、濁水の早期放流状況の違いを比較して確認
- ・対策を実施しなかった場合の貯水池内の濁度鉛直分布や放流濁度を水質シミュレーションにより予測計算し、対策を実施した場合の濁度鉛直分布と比較して確認

④異なる水質変化現象の発生状況の確認

濁水長期化現象と冷水現象はトレードオフの関係となる場合があり、濁水長期化対策実施後に冷水現象が発生していないか確認することが重要である。

- ・水質改善対策の実施前後の水温データの比較等により、冷水放流が起きていないかを確認
- ・流域関係者から冷水放流が原因と考えられる情報提供等を受けていないかを確認

3-3-1-4. 富栄養化現象

富栄養化現象に対して実施した水質改善対策の効果発現状況については、モニタリング調査結果等を用い、水質改善対策の有効性の観点から評価を行うことを基本とする。

【解説】

富栄養化現象に対する水質改善対策は、原因となる植物プランクトンの増殖に適さない水環境を創出する等によりその効果を発揮することから、水質改善対策の効果検証に当たっては、以下の項目に着目して行うことが重要である。

①富栄養化現象の抑制状況又は富栄養化現象に起因する具体的な問題の回避状況の確認

- ・対策実施前後のアオコ発生期間を比較して確認
- ・対策実施前後の水道取水地点におけるカビ臭濃度のピーク値や活性炭投入の目安となるカビ臭濃度の超過日数を比較して確認
- ・対策実施前後の景観に対するイメージの違い、苦情件数、水道事業者による活性炭投入量を比較して確認

②富栄養化現象改善の指標値の達成状況

- ・対策実施後のアオコレベル、クロロフィル a 濃度、水道取水地点におけるカビ臭濃度等の指標値達成日数で確認

③富栄養化現象改善対策の機能確認

- ・対策実施前後のアオコレベル、クロロフィル a 濃度、水道取水地点におけるカビ臭濃度等の目標達成日数の違いから確認
- ・貯水池内の水温やクロロフィル a 濃度の鉛直分布を対策実施前後で比較し、水温成層形成状況や植物プランクトン増殖状況の違いから確認
- ・対策を実施しなかった場合の貯水池内の水温鉛直分布やクロロフィル a 濃度を水質シミュレーションにより予測計算し、対策を実施した場合の水温鉛直分布やクロロフィル a 濃度（実測値）と比較して確認

④異なる水質変化現象の発生状況の確認

富栄養化対策の実施により発生する植物プランクトン種が変化し、例えばアオコからカビ臭のように富栄養化現象の内訳が変化する場合もあることから、富栄養化対策の実施後は異なる富栄養化現象が発生していないか注視することが重要である。

- ・水質改善対策の実施前後の植物プランクトン調査結果の比較により、別の水質問題を引き起こす植物プランクトンが発生していないかを確認
- ・流域関係者から異なる水質変化現象に関する情報提供等を受けていないかを確認

3-3-1-5. その他の水質変化現象

その他の水質変化現象に対して実施した水質改善対策の効果発現状況については、モニタリング調査結果等を用い、水質改善対策の有効性の観点から評価を行うことを基本とする。

【解説】

底層嫌気化に起因する現象に対する水質改善対策は、底層の溶存酸素濃度を向上させる、あるいは原因となる溶出物質を放流しないことによりその効果を発揮することから、水質改善対策の効果検証に当たっては、以下の項目に着目して行うことが重要である。

- ①底層嫌気化にかかわる水質変化現象の抑制状況又は底層嫌気化にかかわる水質変化現象に起因する具体的問題の回避状況の確認
 - ・対策実施前後の浄水場における鉄やマンガンの処理に要する薬剤使用量を比較して確認
 - ・対策実施前後の臭気に関する苦情件数を比較して確認
- ②底層嫌気化にかかわる水質変化現象の改善の指標値の達成状況の確認
 - ・対策実施後の底層(あるいは放流水)の鉄／マンガン濃度の指標値達成日数で確認
- ③底層嫌気化にかかわる水質変化現象の改善対策の機能確認
 - ・対策実施前後の底層DO(溶存酸素量)、鉄、マンガン濃度の目標達成日数の違いから確認
 - ・対策実施前後のDO(溶存酸素量)の鉛直分布の違い、貯水池内あるいは放流水の硫化水素、鉄、マンガンの濃度の違いを比較し、底層嫌気化のしやすさや実際の対象物質の溶出状況の違いから確認
 - ・対策を実施しなかった場合の貯水池内のDO(溶存酸素量)の鉛直分布や鉄、マンガン濃度を水質シミュレーションにより予測計算し、対策を実施した場合(実測値)と比較して確認
- ④異なる水質変化現象の発生状況の確認
 - ・水質改善対策の実施前後の濁度データ、植物プランクトン調査結果、巡視結果等の比較により、濁水長期化現象や富栄養化現象等が起きていないかを確認
 - ・流域関係者から異なる水質変化現象に関する情報提供等を受けていないかを確認

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 2) 曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案)：国土交通省 河川局 河川環境課、平成 17 年 10 月

3-3-2. 運用ルールの改善

運用ルールは、維持管理プロセスにおいて水質改善効果を適切に発揮するために、対策効果発現状況の確認結果をもとに、水質シミュレーション等を用いて改善することを基本とする。

【解説】

「3-2-3. 対策選定及び諸元設定」において設定した運用ルールに基づき水質改善対策をおおむね3年運用した結果を「3-3-1. 対策効果発現状況の確認」で評価し、その結果に応じて運用ルールの改善を行う。

運用ルールの改善には以下の2通りの方向性があり、対策効果の発現状況に応じて必要な検討を行うものとする。

①対策効果の発現状況が当初想定を下回っている場合

「3-3-1. 対策効果発現状況の確認」において当初想定した対策効果が発現していないと評価された場合は、運用ルールの改善で対応可能かを検討する。これは、水質シミュレーションモデルはすべての現象を再現しているわけではなく、「3-2-3. 対策選定及び諸元設定」において設定した運用ルールに従った水質シミュレーションでは再現されない現象が作用し、水質改善対策効果の発現状況に影響を及ぼす場合もあるためである。

したがって、この段階では、以上の水質シミュレーションの特性を踏まえた上で、以下に示す検討方法の例を参考に運用ルールの改善について検討を行うことが重要である。

- ・「3-3-1. 対策効果発現状況の確認」の評価結果から、対策施設の稼働の期間やタイミング、それらを決める指標値等の運用条件に問題がないかを確認する。
- ・水質シミュレーションモデルを用いて運用条件を変更した場合の予測計算を行い、効果発現状況に改善が見られるかを検討する。
- ・予測計算期間は、運用条件変更後の予測計算値の精度を高めるために、水質改善対策を実施後のモニタリング期間について行うことが望ましい。
- ・予測計算に当たっては「3-2-3. 対策選定及び諸元設定」を行った際に使用した水質シミュレーションモデルの再現性についても再確認する。
- ・水質シミュレーションによる検討の結果、効果発現状況に改善が見られる場合には、運用ルールを適宜修正し、再び運用とモニタリング調査により状況を監視する。
- ・効果発現状況に改善が見られない場合には、水質改善対策の改造や増設、新たな水質改善対策の実施が必要と考えられることから、「3-2. 対策検討・実施」あるいは「3-1. 発生要因の推定」まで立ち返って再度検討を行う。

②対策効果の発現状況が当初想定どおりで運用効率化の可能性がある場合

「3-3-1. 対策効果発現状況の確認」において当初想定した対策効果が発現していると評価された場合は、運用ルールに効率化できる可能性がないか検討を行う。これは、「3-2-5. 運用ルールの選定及びモニタリング調査(実証運用時調査)計画立案」において設定した運用ルールは、対策効果が確実に発現するよう安全側の設定をする場合が多く、実際に運用した場合に運用期間の短縮や簡素化等の効率化が期待できる場合もあるためである。

したがって、この段階では、以上の運用ルール設定時の前提を踏まえた上で、以下に示す検討方法の例を参考に運用ルールの改善について検討を行うことが重要である。

- ・「3-3-1. 対策効果発現状況の確認」の評価結果から、水質改善対策の稼働期間の短縮や簡素化等の効率化を行った場合でも水質改善効果が維持できるかを確認する。
- ・効率化の可能性がある場合は、水質シミュレーションモデルを用いて運用条件を変更した場合の予測計算を行い、効果発現状況に変化がないか(効果発現状況を維持できているか)を確認する。
- ・その結果を踏まえ、既往の運用ルールを適宜修正し、維持管理プロセスにおいて適用する運用ルールを策定する。

なお、運用ルールの改善を行う際には、その影響や効果を知見として蓄積し、その後の運用に活用することが重要であることから、運用ルールを改善した時期やその理由等についても記録し保管しておくことが重要である。

【参考文献】

- 1) 曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案):国土交通省 河川局 河川環境課、平成 17 年 10 月

3-3-3. モニタリング調査(管理運用時調査)計画立案

維持管理プロセスにある水質改善対策については、水質改善対策の有効性を確認するためのモニタリング調査(管理運用時調査)計画を立案することを基本とする。

【解説】

「3-3-1. 対策効果発現状況の確認」において水質改善対策の効果が適切に発現していることが確認された場合には、「3-3-2. 運用ルール改善」結果をもとに、その後の本運用段階で水質改善対策が適切に運用され期待する効果が発現していることを確認するためのモニタリング調査を継続的に実施する。

この段階で行うモニタリング調査計画の立案では、「3-2-5. 運用ルールの設定及びモニタリング調査(実証運用時調査)計画立案」と同様に、①水質変化現象の抑制状況又は水質変化現象に起因する具体的な問題の回避状況、②水質改善の指標値の達成状況、③水質改善対策の機能、を確認するために必要な項目や頻度等を設定することが基本となるが、既に実証運用段階で対策効果の発現状況が確認されていることから、基本的には調査項目や調査頻度等の効率化を検討する。

なお、このモニタリング調査は、調査要領における水質保全設備管理運用調査のうち管理運用時調査に位置づけられる。

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 2) 曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案)：国土交通省 河川局 河川環境課、平成 17 年 10 月

3-4. 効果確認(維持管理プロセス)

3-4-1. 対策効果発現状況の確認

モニタリング調査結果等を用い、水質改善対策の有効性の観点から効果発現状況の確認を行うことを基本とする。

【解説】

水質改善対策を運用してその効果を継続的に発現していくためには、定期的に対策効果発現状況を確認する必要がある。その際には、図 3-7 に示す効果確認に関するPDCAサイクルを参考に見直しを行うことが望ましい。

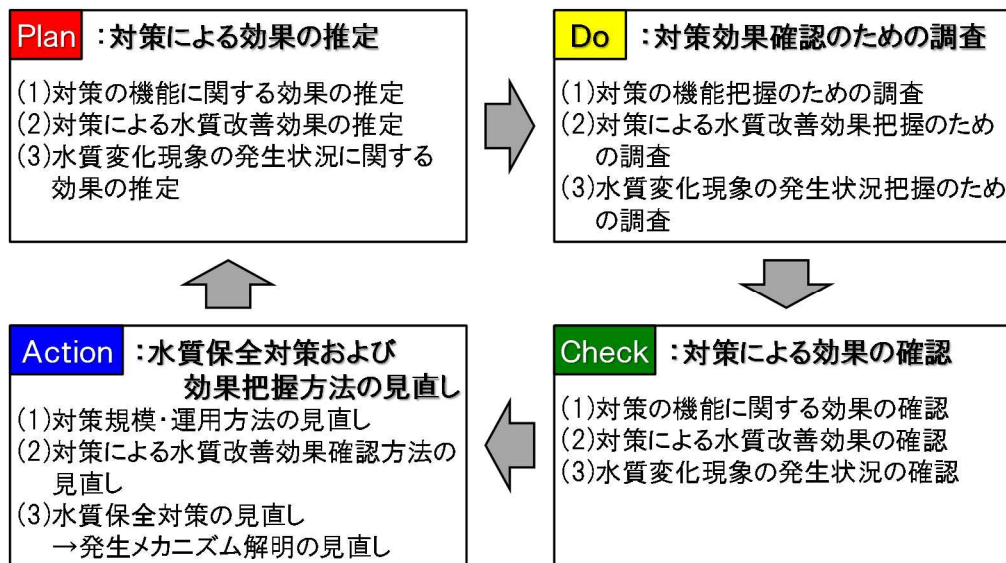


図 3-7 効果確認に関するPDCAサイクルの概念図

なお、水質改善対策の有効性が低下する理由としては、気候変動等による気象、水文、流入水質等の与条件の変化、流域対策の進捗による境界条件の変化(例えば、治山事業や砂防ダム設置等の土砂流出対策による流入負荷量の縮減、下水道等の整備や下水処理方式の高度化による平水時の流入水質の改善等)等により、対策施設の規模が適切でなくなった、現状の水質変化現象に対する適切な対策ではなくなった、発生要因に従前とは異なる要素が付加されてきた等が考えられる。

維持管理プロセスにおける対策効果発現状況の確認は、対策検討・実施プロセスにおける対策効果発現状況の確認と同様に以下の①～④の項目について行うほか、流域対策の進捗がダム貯水池における水質変化現象の発生状況や湖内対策の効果に影響を及ぼしている場合には、流域対策による境界条件の変化についても併せて確認する。

- ①水質変化現象の抑制状況又は水質変化現象に起因する具体的な問題の回避状況の確認
- ②水質改善の指標値の達成状況の確認

- ③水質改善対策の機能確認
- ④異なる水質変化現象の発生状況の確認

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 2) 曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案)：国土交通省 河川局 河川環境課、平成 17 年 10 月

3-5. 運用・調査・対策施設の効率化検討

3-5-1. 運用の効率化

対策効果発現状況の確認の結果、水質改善対策が有効であった場合に運用ルール等の効率化について検討を行うことを基本とする。

【解説】

水質改善対策が本運用段階となり、その効果についてもフォローアップ制度に準じて適切に評価される段階になると、それまでに蓄積された調査データ等から効果を維持しつつ運用を効率化できる可能性がある。

また、蓄積された調査データ等を用いて水質改善対策の運用の妥当性を検証することにより、運用ルールの簡略化やICT技術を活用した水質改善対策の自動運転等が可能となり、これによりダム管理者の負担軽減やコスト縮減が期待できる場合もある。

運用の効率化検討は、それまでに蓄積された調査データや水質改善対策の運用実績等を踏まえて、運用期間の短縮や対策設備の規模の縮小をしても同程度の水質改善効果が得られるかという視点から検証し、必要に応じて運用ルールの更新や自動運転の可能性等について検討する。

【参考文献】

- 1) ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、平成 27 年 3 月
- 2) 曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案)：国土交通省 河川局 河川環境課、平成 17 年 10 月
- 3) ダムの管理 例規集 平成 18 年版：財団法人ダム水源地環境整備センター、平成 18 年 3 月

3-5-2. モニタリング調査の効率化

水質改善対策の有効性を確認するために必要な諸元となるようモニタリング調査の効率化について検討を行うことを基本とする。

【解説】

「3-5-1. 運用の効率化」に併せて、モニタリング調査項目や調査頻度等の効率化の可能性についても検討を行う。これは、対策効果の発現状況を確認するために必要となるモニタリング調査データの蓄積が進んだことで、モニタリング調査を効率化できる場合があるためである。

モニタリング調査の効率化では、「3-3-3. モニタリング調査(管理運用時調査)計画立案」と同様に水質改善目標の達成状況、水質変化現象の発生状況、水質改善対策による効果の発現状況を把握するために必要な項目や頻度等を設定することが基本となる。

この維持管理プロセスでは、既に対策効果の発現状況が確認されていることから、維持管理コスト縮減の観点も踏まえて、調査地点や調査頻度等を効率化しても水質改善対策の有効性が確認可能な調査データが取得できるかという視点から、新技術を活用した観測機器の導入等も視野に入れ、現在のモニタリング調査の効率化について検討する。

ただし、流域対策等の進捗による流入河川水質の変化や対策施設の実施による貯水池内環境の変化が生じている場合もあることから、モニタリング調査の効率化は慎重に行う必要がある。

なお、このモニタリング調査は、調査要領における水質保全設備管理運用調査のうち「管理運用時調査」に位置づけられ、各ダムで策定する水質調査計画の見直し時期(おおむね5年に1回の頻度)に合わせて効率化を検討する。

【参考文献】

- 1) 曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル(案):国土交通省 河川局 河川環境課、平成17年10月

3-5-3. 対策施設の効率化

対策施設の更新時には、新技術の活用も視野に入れた対策施設の効率化について検討を行うことを基本とする。

【解説】

水質改善対策の中には、電気・機械設備等の耐用年数を迎え、施設の大規模な更新が必要なものもある。

対策施設を更新する際に従前と同様の規模で入れ替えると、流域対策等の進捗に伴い流入負荷量が低減している場合には、施設規模が過大となる場合もある。また、技術の進歩によってより効果的・効率的な対策施設が開発されており、新技術を活用することによって更新費用や維持管理費用を縮減できる可能性もある。

したがって、対策施設の更新に当たっては、これら外的要因の変化に伴う施設規模の適正化や技術の進歩による新技術の導入の可能性等に着目した検討を行い、当該ダム貯水池に適した対策に変更していくことが重要である。

なお、新技術の導入に際し、他ダムでの事例が少ない場合には、効果面で不確定要素が多いために導入に踏み切れないことも想定される。このような場合には、対策施設を試行的に導入してその効果を確認する等の方法も考えられる。

4. 本手引きの適用に当たっての補足事項

4-1. 水質変化現象の発生状況等の情報収集

国土交通省及び独立行政法人水資源機構が管理するダム貯水池において発生する水質変化現象については、その発生状況について毎年調査を行い、データを蓄積していくことを基本とする。

【解説】

我が国では、毎年のように水質変化現象やそれに伴う水質問題が発生しているダム貯水池がある。また、水質変化現象の発生しているダム貯水池では、巡視、調査、流域関係者からの意見聴取等により、その発生状況や発生時の水質状況を把握している。

これらの情報は、今後、ダム貯水池における水質改善対策を実施する際の貴重な情報となることから、全国的にこれら情報の収集・とりまとめを行い、共有を図ることが重要である。

4-2. 本手引きの適用に関する技術的助言

各ダム貯水池において水質改善対策を検討する際には、必要に応じてタスクフォースによる技術支援を要請し、適切な水質改善対策に努めるものとする。

【解説】

水質変化現象に伴う水質問題が発生しているダム貯水池では、ダム管理者が主体となって水質改善対策の検討を行う必要があるが、水質変化現象の種類によっては専門的な知見や類似事例に関する情報を有する機関から技術支援を受けることで、より適切な水質改善対策を行うことが可能となる。

国土交通省では、国内のダム貯水池で発生する水質変化現象に関する調査研究及び水質改善対策の実施事例等の情報を収集・蓄積し、水質改善対策の検討を予定しているダム貯水池に対して技術支援を行うため、以下のメンバーで構成されるタスクフォースを設置している。

- ・国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課 流水管理室〔窓口〕
- ・国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室
- ・国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ 水質チーム
- ・国立研究開発法人土木研究所 水工研究グループ 水理チーム

水質変化現象の発生に伴う水質問題が生じているダム貯水池では、本手引きに基づいて対策検討・実施プロセス及び維持管理プロセスを進めることが基本となるが、水質変化現象が継続している場合、水質改善対策の大幅な更新を検討する場合及び水質改善対策として新技術の導入を検討する場合等には、必要に応じてタスクフォースによる技術支援を受けて検討を進めるものとする。

以上に該当する各ダム管理者においては、タスクフォースを積極的に活用されたい。

付属資料

用語解説

	用語		用語
1	DO(溶存酸素量)	31	全層混合状態
2	DO消費速度	32	選択取水設備
3	ORP(酸化還元電位)	33	滞留時間
4	pH	34	濁度
5	SS	35	淡水赤潮
6	アオコ	36	窒素
7	赤水と黒水	37	沈降速度
8	栄養塩類	38	鉄
9	回転率	39	電気伝導度
10	活性炭	40	動物プランクトン
11	カビ臭	41	透明度
12	カビ臭産生種	42	曝気循環施設
13	環境基準	43	貧酸素状態
14	還元作用	44	付着藻類
15	凝集材	45	プランクトン
16	クロロフィルa	46	フレーム調査
17	嫌気化	47	変水層(温度躍層)
18	酸化	48	マンガン
19	酸化還元反応	49	溶出
20	酸素移動効率	50	硫化水素
21	受熱期	51	硫酸塩
22	循環期	52	硫酸還元菌
23	循環混合状態	53	流動制御
24	植物プランクトン	54	流動制御フェンス
25	深層曝気	55	粒度分布
26	水温成層	56	流入水バイパス
27	水質シミュレーション	57	流入負荷・汚濁負荷
28	スカム	58	リン
29	生物生産・一次生産	59	ろ過障害
30	全循環		

01. DO (溶存酸素量)

DO (Dissolved Oxygen)とは、酸素分子として水中に溶解している酸素量であり、河川や海域での微生物による有機物の分解や魚類等の生息に不可欠なものである。本項目は、河川、湖沼における生活環境の保全に関する環境基準項目である。環境基準値は日間平均値とされている。また、平成28年3月に底層溶存酸素量が新たに生活環境項目環境基準に追加された。

水中における酸素の飽和濃度は、気圧、水温、塩分等に影響されるが、20℃、1気圧で塩分を含まない水では8.84mg/Lである。水が清澄であればあるほどその温度における飽和濃度に近い量が含まれ、植物プランクトン等の増殖が著しい場合等では、過飽和濃度になることがある。しかし、微生物により分解されやすい有機物を含む工場排水や生活排水が水域に排出されると、微生物の活動が盛んになり、有機物を分解するためDOは消費される。また、植物プランクトンの呼吸等によってもDOは消費される。

DOが欠乏すると、無酸素あるいは嫌気性状態(還元性の状態)になり、硫化水素等のガスが発生し、悪臭の原因となる。そのため、DOは河川、湖沼、海域で汚濁指標として用いられている。

なお、生活環境項目環境基準として追加された底層溶存酸素量は、水域の底層を生息域とする魚介類等の水生生物や、その餌生物が生存できることはもとより、それらの再生産を適切に行われることにより、底層を利用する水生生物の個体群が維持できる場を保全・再生することを目的として設定したものである。

02. DO消費速度

死滅した植物プランクトン等が分解によりDO(溶存酸素量)を消費する速度をいい、富栄養化の進行度を計る指標の一つとして用いられることがある。

有光層で生産された動植物プランクトンの死骸は分解しながら深水層に沈降し、更にそこで分解を続ける。このため、夏季の成層期中は深水層のDO濃度は日を重ねるにしたがい次第に減少していく。この減少の度合いは、有光層中における植物プランクトンの一次生産量や有光層から深水層への動植物プランクトン供給速度に大きく依存する。

富栄養化の進んだ湖沼・貯水池では底泥層にデトリタスや有機物が堆積している。底泥表層の好気層におけるこれらの有機物分解及び底泥から溶出した還元性物質による酸素消費によっても深水層のDOの消費が行われる。深水層のDO消費速度はこれらの影響の重ね合わせである。したがって、この速度は深水層の嫌気化によって底泥層表面からの栄養塩類や鉄、マンガン等重金属類の溶出を曝気等の対策で抑制するための供給酸素量を定める基準となる。

03. ORP (酸化還元電位)

ORP (Oxidation Reduction Potential)は、水中に含まれる酸化性物質と還元性物質との平衡によって生ずる電位と基準となる電位との差で、水中の酸化還元状態の程度を示す指標である。

自然水の酸化還元電位に関与する物質は多種多様であるが、主成分はそれほど多くはなく、酸化性物質としては溶存酸素、鉄(Ⅲ)イオン(Fe^{3+})等があり、還元性物質としては、鉄(Ⅱ)イオン(Fe^{2+})、可溶性硫化物及び可溶性有機物等がある。

ORP値が+であれば酸化反応が、-であれば還元反応が進行することを意味し、ORP値によって水中の物質の存在状態(例えば、鉄が $\text{Fe}(\text{OH})_3$ として沈殿するか Fe^{2+} として溶出するか、あるいは硫黄が SO_4^{2-} として水中にとどまるか、ガス化して H_2S が発生するか)を推定することができる。

酸化還元電位の鉛直分布は、水温やDOと異なる分布を示すことが知られており(下図参照)、DOが0mg/Lとなった水深よりさらに深い水深でORP値が+から-に大きく変化することが多い。現地測定の際には、このような鉛直分布を描くことを念頭に置いて、調査深度を適切に設定することが必要である。

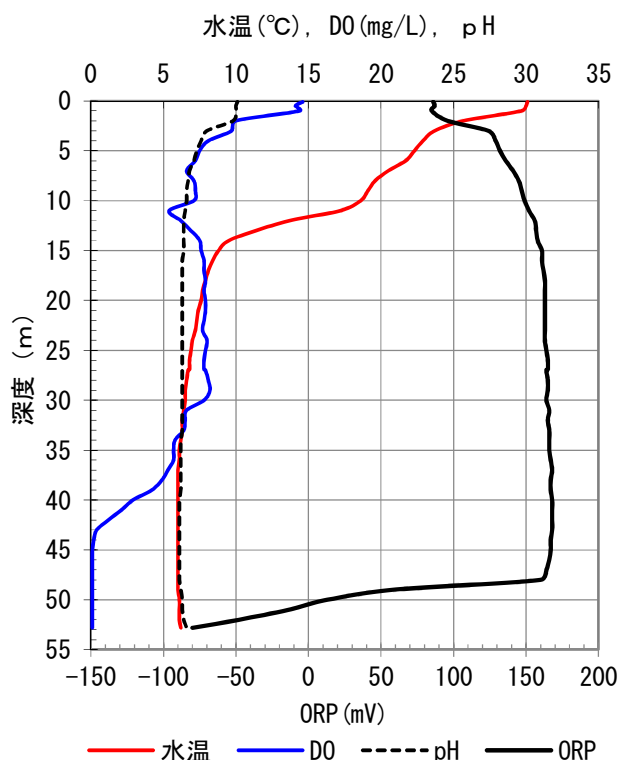


図 ダム貯水池における水温、DO、pH、ORPの鉛直分布の事例

04. pH

pHは、水中の水素イオン濃度の逆数の常用対数であり、酸性、アルカリ性の強さを表す指標である。水中の水素イオン濃度 $[H^+]$ と水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ の間には次のような関係があり、水素イオン濃度と水酸化物イオン濃度が等しい中性において $pH=7$ となり、 $pH>7$ をアルカリ性、 $pH<7$ を酸性と呼ぶ。本項目は、河川、湖沼における生活環境の保全に関する環境基準項目であり、浄水後の水道水に対する水道水質基準項目でもある。環境基準値は日間平均値とされている。

$$pH = -\log[H^+]$$

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$$

人為的な汚染のない河川等の水のpHは、その地質的な要因や火山・温泉等の影響を受けたものとなる。湖沼やダム貯水池で植物プランクトンや付着藻類の増殖が大きくなると、増殖水域のpHはアルカリ性を示す。これは水中の二酸化炭素(炭酸塩)が植物の炭酸同化作用(光合成)により消費されることに起因している。

05. SS(浮遊物質)

SS(Suspended Solids)とは、水中に懸濁している粒子状物質のことで、懸濁物質の現存量を直接示す指標である。JISでは懸濁物質、環境基準や排水基準では浮遊物質と呼ばれる。本項目は、河川、湖沼における生活環境の保全に関する環境基準項目である。環境基準値は日間平均値とされている。

SSは、ろ過材上に残留する $1\mu m \sim 2mm$ の物質の質量と定義されるが、その残留物質の中には粘土鉱物に由来する微粒子や動植物プランクトン及びその死骸、下水処理水・工場排水などに由来する有機物や金属の沈殿などが含まれる。

SSは、一般的に清浄な河川水では粘土成分を主体に若干の有機物を含むものにより構成されることが多いが、汚染の進んだ河川水は、有機物の比率が高まる。

SSの量は、水の濁り、透明度などの外観に大きな影響を与える。また、SSが生態系に与える影響には、魚類のえらを塞ぎ呼吸を妨げて窒息させる危険性や、太陽光線の透過

を妨げ、植物プランクトンの光合成を阻害させる等が指摘されている。

06. アオコ

淡水域において浮遊性の植物プランクトンの異常増殖によって水表面が緑の膜や抹茶を撒いたような状況になる現象で、淡水の湖沼で見られる緑水、アオコ(青粉)といった現象であり、総称が水の華である。

水の華の原因となる生物は、主として藍藻類(藍色光合成細菌類)、珪藻類、緑藻類、そして原生動物の植物性鞭毛虫類がある。ミクロキスティス(*Microcystis*)、アフアニゾメノン(*Aphanizomenon*)、アナベナ(*Anabaena*)といった藍藻類の発生によって水面に緑黄色の膜がはったような状態をアオコ、赤色や黄褐色等の色素を持つ植物性鞭毛虫類や動物プランクトン、珪藻類の異常発生で水色が赤～褐色になる現象は淡水赤潮と呼ぶ場合がある。わが国では、水の華による水質障害の事例が多く報告されており、しばしば水の華とアオコを同義に使っている。また、藍藻類を原因とする水の華はカビ臭の原因となることもある。

07. 赤水と黒水

湖沼や貯水池で、底層水の酸素欠乏により底質に含まれる鉄が還元され溶出してくることがある。水に鉄が溶けている状態では、鉄は重炭酸第一鉄[Fe(HCO₃)₂]を形成しているが、共存する遊離炭酸を追い出すと水中の酸素で酸化され、黄褐色の水酸化第二鉄[Fe(OH)₃]の沈殿物となって赤水となる。また、鉄やマグネシウムに依存する微生物の出現によって赤色の水がでることがある。なお、各種用水と飲料水等に鉄分を多く含むと水は赤褐色を呈して金属味を有する。これを赤水と呼ぶ。水道水における鉄の水質基準は 0.3mg/L 以下である。

同様の現象は、マンガンでも起こる。河川、湖沼や貯水池の底質にマンガンが含まれていると、底層水の酸素欠乏によって含有しているマンガンが水に溶けて重炭酸マンガン[Mn(HCO₃)₂]となり、これが酸化されると黒褐色の水酸化マンガン[Fe(OH)₂]の沈殿物となって黒水となる。なお、水道水におけるマンガンの水質基準は 0.05mg/L 以下であり、極めて微量であっても黒色の色相を呈する。

08. 栄養塩類

生物の増殖に不可欠な塩類を栄養塩類と呼んでいる。栄養塩類は多量栄養素と微量栄養素に分けられる。微量栄養素は特定の植物プランクトンの異常増殖の引き金になると言われているが、多量栄養素はりん及び窒素化合物を主体とし、湖沼・貯水池ではその濃度が植物プランクトンの細胞増殖の律速となっていることが知られている。このことから、水質汚濁に係る環境基準では湖沼(天然湖沼及び貯水量 10×10⁶m³以上の人工湖)で全りん及び全窒素の基準値が定められている。また、植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれのある数多くの湖沼・貯水池に流入する特定施設からの排水について全りん及び全窒素による排水基準が適用されており、栄養塩類の過度の流入を制限している。

09. 回転率

貯水池の水理・水文的特徴を表すパラメータとして年回転率 α がある。これは、年間総流入(出)量 Q_0 と総貯水量 V_0 との比によって表され、 α_7 は夏期7月の回転率をいう。

$$\alpha = Q_0 / V_0$$

この値を貯水池の水温成層発達のパラメータとし、10以下であれば成層型、20以上であれば混合型であるとしている。

$$\alpha_7 = Q_7 / V_0$$

また、水温成層が最も安定化する7月の月平均流入量(Q_7)を用いた7月回転率 α_7 が1以下であれば成層型、5以上であれば混合型であるとしている。

10. 活性炭

活性炭は、疎水性の吸着剤であり、水中から有機物等を選択的に吸着除去し、他の薬品処理と異なり反応性生物を残さないことに特徴がある。そのため主に水道事業者が行う対策で利用される。

活性炭処理には粒状活性炭を吸着塔に充填して水を通過させる粒状活性炭吸着と、粉末活性炭を液状にして散布する粉末活性炭処理がある。

粒状活性炭で浄水用に用いられるのは、石炭(瀝青炭)を原料として粒子径を調整した後に賦活処理(石炭の吸着性能を向上させる処理)をして製造された黒色、多孔性の粒状物質であり、分子量の比較的大きい有機系の不純物を吸着する性質を有している。粒状活性炭は吸着塔に充填して使用し、その吸着能力が減退すると繰返し賦活処理して再生使用するのが普通である。

粉末活性炭は、おがくずなどを原料として賦活処理して製造されており、一般的に製造コストは安い。浄水用に間欠的に使用する場合に適しており、例えば臭気物質が季節的に発生する場合などに用いられる。

水道水の浄水処理での活性炭吸着では、異臭味、色度、陰イオン界面活性剤、フェノール類、その他有機物等、通常の浄水処理では除去困難なものに対し幅広く適用される。下水道では、下水の再利用のための高度処理としても難分解性の溶解性有機物質の吸着除去を行うために粒状活性炭を使用することが多く、この処理では下水処理水に含まれている色度、COD、臭気成分も除去することができる。

11. カビ臭

水道水にカビ臭がつくことにより不快感を与える水質障害の一つで、自然水域においても臭うことがある。原因物質としては、2-MIB(2-メチルイソボルネオール)やジェオスミンであることが知られている。これらの物質は、水域で増殖したある種の藍藻類(シアノバクテリア)や放線菌の一部の種類が代謝産物として放出する臭気物質であり、通常の浄水方法では除去が難しいことから、活性炭吸着やオゾン処理などの高度処理が必要となる。2-MIB、ジェオスミンに関する水道水の快適水質目標値は、10ng/L以下とされている。

2-MIBは、糸状性の藍藻類の一種であるフォルミディウム・テヌエ(*Phormidium tenue*)等や放線菌類の一部の種により生成することが知られている。本項目は、浄水後の水道水に対する水道水質基準項目である。また、2-MIBが原因となるカビ臭発生時の水温は20~30℃の場合が多く、時には10~15℃で発生することもある。

ジェオスミンは、生成する糸状性の藍藻類の一種であるアナベナ・マクロスポーラ(*Anabaena macrospora*)等や放線菌類のストレプトマイシス(*Streptomyces*)等により増殖する際に生成することが知られている。

12. カビ臭産生種

ダム貯水池で富栄養化が進行すると、藍藻類が異常増殖する場合があるが、このうち一部の種が異常増殖するとカビ臭が発生し、利水障害が生じる場合がある。本手引きでは、藍藻類のうちカビ臭の原因となるジェオスミンあるいは2-MIB(2-メチルイソボルネオール)を生成する種をカビ臭産生種と呼んでいる。

主なカビ臭産生種としては、アナベナ(*Anabaena*)属(最新の分類体系に基づく)、ドリコスペルマム(*Dolichospermum*)属、スファエロスペルモプシス(*Sphaerospermopsis*)属の一部の種、アフアニゾメノン(*Aphanizomenon*)属の一部の種、シュードアナベナ(*Pseudanabaena*)属の一部の種、プランクトスリックス(*Planktothrix*)属の一部の種、オシラトリア(*Oscillatoria*)の一部の種が知られている。カビ臭産生種については、下表が参考となる(引用文献 岸田、秋葉, 水道における障害微生物-シアノバクテリア-, 日本食品微生物学会誌, 26(4), 195-201, 2009)。

表 カビ臭産生種の藍藻類一覧

種 類 (学名)	生活体制 (生息場所)	カビ臭産出能		備 考
		ジェオスミン	2-MIB	
<i>Geitlerinema splendidum</i>	底生型	+		
<i>Jaaginema geminatum</i>	底生型		+	
<i>Leibleinia subtilis</i>	底生型	+		
<i>Lyngbya aestuarii</i>	底生型		+	
<i>Oscillatoria curviceps</i>	底生型		+	
<i>Oscillatoria tenuis</i> var. <i>levis</i>	底生型		+	
<i>Oscillatoria variabilis</i>	底生型		+	
<i>Phormidium allorgei</i>	底生型	+		
<i>Phormidium amoenum</i>	底生型	+		
<i>Phormidium breve</i>	底生型	+	+	株特異的
<i>Phormidium chalybeum</i>	底生型		+	
<i>Phormidium cortianum</i>	底生型	+		
<i>Phormidium favosum</i>	底生型		+	
<i>Phormidium formosum</i>	底生型	+		
<i>Phormidium</i> strain LM689	底生型		+	
<i>Phormidium simplissimum</i>	底生型	+		
<i>Phormidium</i> sp. strain NIV A 51	底生型	+	+	
<i>Phormidium tenue</i>	底生型		+	
<i>Phormidium uncinatum</i>	底生型	+		
<i>Phormidium viscosum</i>	底生型	+		
<i>Planktothrix prolifica</i>	底生型	+		
<i>Porphyrosiphon martensianus</i>	底生型		+	
<i>Tychonema bornetii</i>	底生型	+		株特異的
<i>Tychonema granulatum</i>	底生型	+	+	
<i>Hyella</i> sp.	着生型		+	
<i>Microcoleus</i> sp.	着生型	+		
<i>Anabaena circinalis</i>	浮遊性型	+		
<i>Anabaena crassa</i>	浮遊性型	+		
<i>Anabaena lemmermannii</i>	浮遊性型	+		
<i>Anabaena macrospora</i>	浮遊性型	+		
<i>Anabaena solitaria</i>	浮遊性型	+		
<i>Anabaena viguieri</i>	浮遊性型	+		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	浮遊性型	+		
<i>Aphanizomenon gracile</i>	浮遊性型	+		
<i>Oscillatoria limosa</i>	浮遊性型		+	
<i>Planktothrix agardhii</i>	浮遊性型	+	+	株特異的
<i>Planktothrix cryptovaginata</i>	浮遊性型		+	
<i>Planktothrix perornata</i>	浮遊性型		+	
<i>Planktothrix perornata</i> var. <i>attenuata</i>	浮遊性型		+	
<i>Pseudanabaena catenata</i>	浮遊性型	+	+	
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	浮遊性型		+	
<i>Symploca muscorum</i>	土 壌	+		

13. 環境基準

環境基本法第16条の規定に基づき、「人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準」として国が定めるもの。

文末に本手引き発行時の基準を掲載する。

14. 還元作用 ==> 硫酸還元菌、酸化還元反応

15. 凝集剤

凝集剤は、薬品凝集沈殿処理において適量を原水に添加し、そのままでは沈降し難い微細なシルトや粘土などをフロック形成させるために使用される薬品である。浄水操作では主として、ポリ塩化アルミニウム(PAC)又は硫酸アルミニウム(硫酸バン土)が用いられる。なお、生成したフロックが沈降不良の場合には、必要により有機系凝集剤(高分子凝集剤、ポリマー)が併用される。

16. クロロフィル a

クロロフィル a は、葉緑素ともいい、植物や植物プランクトンに含まれる光合成に必要な

な緑色色素である。また、タンパク質と結合した状態で葉緑体に存在しており、光合成細菌を除く全ての緑色植物に含まれるもので、植物プランクトンの現存量の指標として使用できる。

クロロフィル a の含有量はプランクトンの種類によっても異なる。例えば、植物プランクトンのすべてがカビ臭の原因微生物である糸状性の藍藻類(シアノバクテリア)の 1 種、フォルミディウム(*Phormidium*)であったとすると、 $1\text{mg}/\text{m}^3$ のクロロフィル a はおよそ 10,000~50,000 細胞/mL のフォルミディウム(*Phormidium*)に相当するなど、実際の調査より推定ができる。

17. 嫌気化

ダム貯水池において水温成層が形成されると変水層を境に表層から深層へ溶存酸素の供給がなくなり、変水層以深の深水層において溶存酸素の減少、消費が促進され、分子状態で溶け込んでいる酸素がなくなる状態をいう。この状態が継続すると酸化還元電位(Eh)の低下も進み、溶存態のリン・窒素や鉄、マンガンなどの溶出が助長される。

18. 酸化 ==> 酸化還元反応

19. 酸化還元反応

電子の授受を伴う化学反応。電子を与える反応(還元)と電子を受取る反応(酸化)は必ず共役して生じ、この反応全体が酸化還元反応である。酸化あるいは還元される物質のみに注目した場合に単に酸化反応、還元反応ということもあるが両者は独立には起らない。

[引用: 土木学会編(1999)『土木用語大事典』技報堂出版 p477]

20. 酸素移動効率

ばっ気槽に送入された全酸素の重量に対する、溶解した酸素の重量。本手引きでは、対象とする水塊への深層曝気設備の効果確認方法の一つとして示している。

[引用: 土木学会編(1999)『土木用語大事典』技報堂出版 p484]

21. 受熱期

春から夏において、太陽からの熱供給や大気との熱交換などによって貯水池表層が温められ温度躍層を形成する期間を受熱期という。

一方、水域に蓄積された熱量が大気中に放射・伝導することにより水域の熱量が減少し、湖の水温が低下する期間を放熱期という。

22. 循環期

ダム貯水池では、通常、晩秋から初冬にかけては水表面からの放熱が大きくなり、表層水が冷やされて密度不安定な状態が生じる。これにより鉛直方向に流動が生じ、上下層の水が混合する。こうした自然対流による鉛直混合が生じる期間を循環期と呼ぶ。循環期には成層期に形成された変水層(温度躍層)は消滅し、全層一様の水温分布となるまで鉛直循環は進行する。ただし、全層が水の密度が最大となる 4°C になると、表層水が冷やされてもそれ以上の鉛直混合は生じず、表層に逆成層が形成される。

なお、ダム貯水池では出水による乱流混合によって変水層(温度躍層)が消滅し、水温分布が一様となる場合があるが、これは循環とは異なり成層破壊という。湖沼や貯水池内の流れは緩やかで、河川とは異なる水理、水質特性を有する。変水温層はその特性の一つで、変水層を形成する期間を成層期という。形成された成層(夏期成層と呼ぶ。)は7~8月頃に最も安定し、変水温層を境とした上下層間では鉛直混合が生じにくくなる。

23. 循環混合状態

曝気循環装置から放出された空気は周りの水を巻き込み、上昇する水量を増加させなが

ら表層まで上昇する(上昇プルーム)。その後その周囲から降下(下降プルーム)し、同じ密度層のところから水平方向に広がっていく(イントリュージョン)。これを長期間継続すると、中間層の上の部分は上がり、下の部分は下がっていく。そして最後には、上層全体が混合した層となる、この状態を循環混合という。

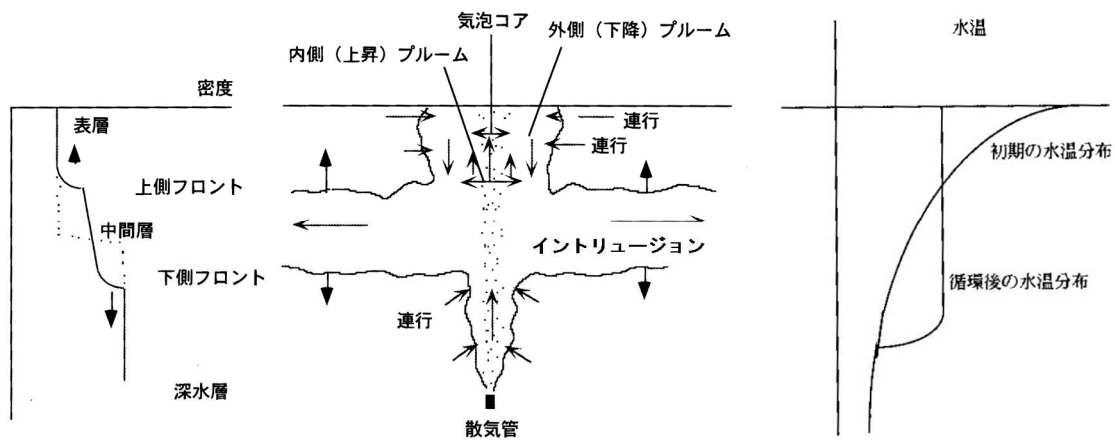


図 曝気循環の模式図と循環混合前後の水温鉛直分布の模式図

24. 植物プランクトン ==> プランクトン

25. 深層曝気

水温成層を破壊することなく深層水のみを曝気し、深層水の DO 回復を目的とする方法である。深層水で嫌気化が進行している貯水池では、硫化水素などの還元物質を含む底層水の放流、底泥からの栄養塩の回帰があり、これらの対策として、深層曝気が有効とされている。

26. 水温成層

貯水池容量が流入量に比べて大きく、水の滞留時間が長い貯水池では、春から夏にかけて表層が温められ、表層に密度の小さい温かい水、底層には密度の大きい冷たい水が存在し、その密度差によって表層水と深層水が分離する。これを成層(水温成層)という。

寒冷地における冷却の著しい湖沼では、表面付近は 0℃ になり結氷する。しかし、深い湖では深層に水温の密度が最大となる 4℃ の水塊が残され、弱い水温成層が形成される。このように、温度の逆転がある場合を逆成層又は逆列成層という。

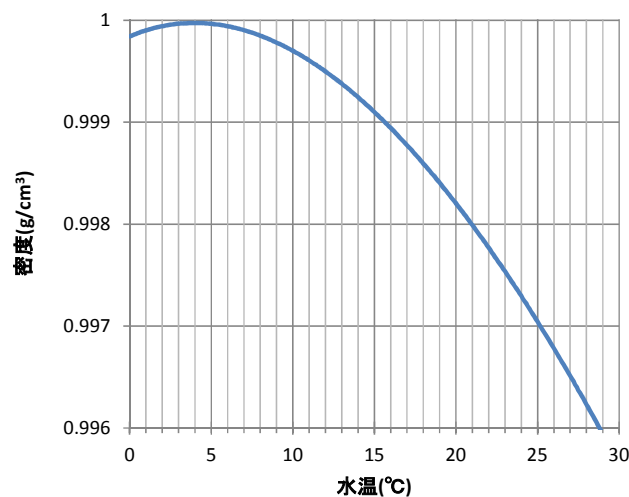


図 水温と密度の関係

27. 水質シミュレーション

ダム貯水池において発生する水質変化現象の発生メカニズムの推定、水質改善対策の効果予測のために用いられる手法の一つである。

ダム貯水池で適用される水質シミュレーションモデルには、一次元モデル、鉛直二次元モデル、平面二次元モデル、三次元モデルに大別され、ダム貯水池の特性や解析の目的に応じて適切なモデルを選定することが重要である。例えば、年間を通じた緩慢な水温変化のみを解析する場合は一次元モデル、流下方向の変化に対して横断方向の水質変化が小さい貯水池において解析する場合は鉛直二次元モデル、複雑な貯水池地形を有する貯水池の解析では三次元モデルを適用する等が考えられる。

ダム貯水池の水質シミュレーションモデルは、水の流れを解析する流動モデルと水質変化を解析する水質モデルで構成される。富栄養化現象を解析するためには、水質モデルとして生態系モデルが使用され、これは生物と環境要因の相互関係をモデル化したものである。ダム貯水池の場合は、内部生産の構造を栄養源となる窒素、リン及び有機物などに関連づけ、植物プランクトンの量と変化を表現するモデルとなっている。

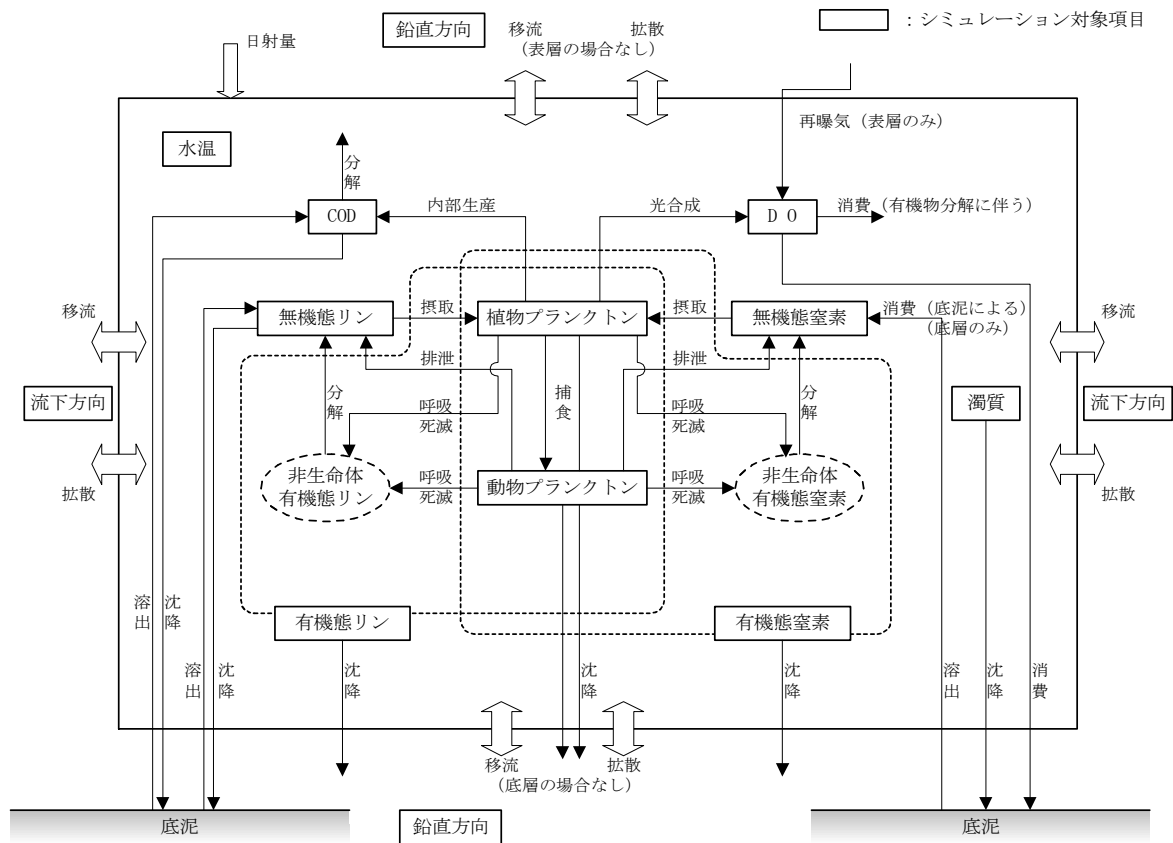


図 生態系モデルの概念とその計算に必要なデータの例

水質シミュレーションを用いた水質改善対策の検討の一般的な流れを次項の図に示す。

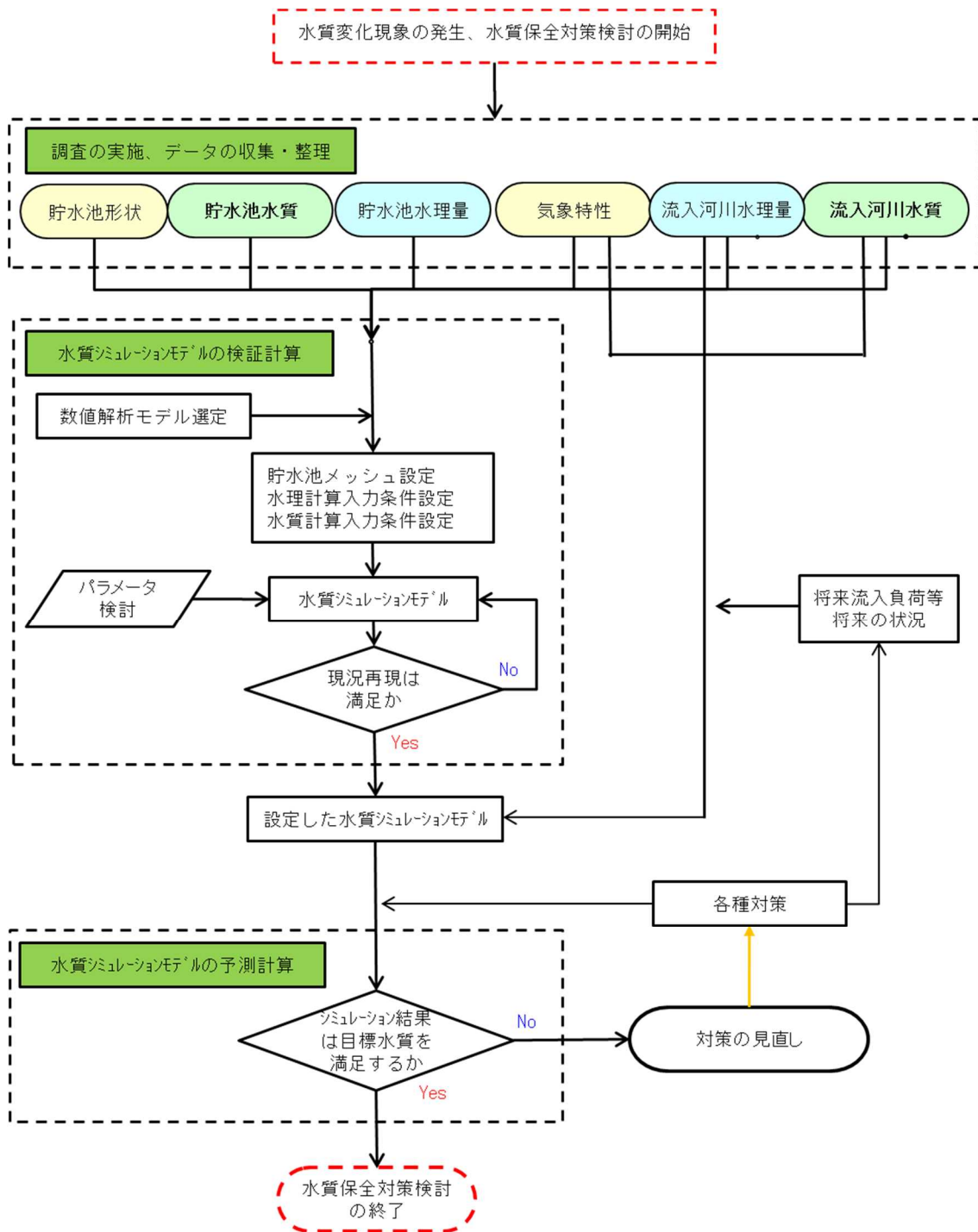


図 水質シミュレーションを用いた水質改善対策の検討の流れ

28. スカム

沈殿池、汚泥消化槽等の水面に発生するもので、油脂、繊維、固形物等が集ったもの。本手引きでは、貯水池に発生したアオコが死滅し悪臭を伴う状態になった場合をいう。
 [引用：土木学会編(1999)『土木用語大事典』技報堂出版 p649]

29. 生物生産・一次生産

有光層内で植物プランクトンが水中の栄養塩を摂取し、光合成により無機物(二酸化炭素)から有機物を合成して増殖する過程を指し、水域外部から供給される有機物とは別に、水域内部での生産活動による有機物の純増活動であることから、内部生産とも呼ばれる。

一般には、ある植物プランクトンが単位時間内に無機物（普通は CO_2 と H_2O ）から合成する有機物 $[(\text{CH}_2\text{O})_n]$ の量をいう。一次生産量には総生産量と純生産量がある。

総生産量は一定面積の水面若しくは一定容積の水塊内の生産者としての植物プランクトンの光合成量であり、一定時間内に生産された光合成有機物の総量を指す。これには、この時間内に生産者の呼吸によって消費される有機物量も含まれる。

純生産量はある植物プランクトンが一定の面積若しくは容積内で、一定時間内に合成した有機物量と呼吸によって消費された有機物量との差で示される。純生産量が 0 より大きいときはこの植物プランクトンは増殖が可能であり、純生産量が 0 より小さいときは減衰に向かう。

30. 全循環 ==> 循環期

31. 全層混合状態 ==> 循環期

32. 選択取水設備

ダム貯水池内において取水する水深を選択できる取水設備をいう。一般的に、ダム貯水池では表層から底層にかけて水温や濁水などの水質が異なる。選択取水設備により、必要に応じて取水する水深を変え、深さにより異なる性質の水を目的に応じて取水することができるため、灌漑期における冷水対策、洪水時の濁水対策等が可能となる。常時は流入水温に近い水温層からの取水を基本とする。

33. 滞留時間

滞留時間は、水学的滞留時間とも呼ばれ、湖沼や貯水池の流出入量を同じとした場合に、湖沼・貯水池の貯水量を全部入れ替えるのに必要な時間である。平均水深や富栄養化限界、汚濁物負荷率等とともに、湖沼の水質・生態特性を左右する水理・水文的な環境因子の一つである。

一般には、湖沼・貯水池の容量 (m^3) を年平均流入量 ($\text{m}^3/\text{年}$) で除して求められる。ただし、流入水量のうち、地下水量等の割合が大きいと予想される場合には、年平均流入量の代わりに年平均流出量を用いられる場合もある。また、年平均流入水量 ($\text{m}^3/\text{年}$) は年間降水量と流域面積を用いて概算することもできる。ただし、発電等の利水状況等により適用しにくい場合もあるため注意が必要である。

滞留時間が長い湖沼・貯水池では、外乱としての流入負荷に対して、水域内の水質変化の応答は遅く小さくなり、日照や気温等の気象条件の影響をより受けやすくなる。一方、滞留時間が短いと外乱に対する応答が早くかつ鋭くなり、水域内の水質変化は流入水質の影響を強く受けることとなる。なお、回転率は滞留時間の逆数である。

34. 濁度

濁度は、水の濁りの程度を表す指標で、精製水中 1L 中に標準物質(カオリン、ホルマジン) 1mg を含む場合と同程度の濁りを濁度 1 度と定義する。

例えば、水に食塩を溶かしても透明で濁りはないが、粘土のような水に溶けない物質が水中に分散すると濁ってみえる。また、懸濁粒子には光を吸収、散乱、反射する性質があるが、その作用は粒子の粒径、光の波長により異なる。濁度は、光学濁度計を用いて測定する透過光や散乱光及びその両方を用いた指示値によって測定される。濁度と SS は、よく似た指標であるが、SS の濃度が同じでも、粒子の種類や大きさによって濁度は異なるため、両者の間に常に相関関係があるとは限らない。

カオリン濁度とホルマジン濁度の関係は、測定方式によって異なる。例えば、透過光と散乱光を用いる積分球式測定法はカオリン濁度が高く、散乱光のみを用いる散乱光式測定ではホルマジン濁度が高くなると言われており、データを比較する場合は注意が必要である。さらに、水道分野では近年ポリスチレンを標準物質として使用しており、この場合標

準物質 1mg/Lにつき、濁度 3 度と定義されるので注意が必要である。

35. 淡水赤潮

湖沼・ダム貯水池の淡水域で発生する動植物プランクトンの異常発生現象の中で、外観が海の赤潮に似て褐色ないし黄色味を呈しているものも多い。そのため淡水赤潮と呼ばれる。

淡水赤潮は、琵琶湖北湖や山間部のダム貯水池のような比較的貧栄養の水域でも発生する傾向がある。淡水赤潮を起こす生物としては、琵琶湖でのウログレナ(*Uroglena*)や各地のダム貯水池でのペリディニウム(*Peridinium*)など、植物性鞭毛虫類に属するものが多い。また、特定の珪藻類・緑藻類によるものがある。

淡水赤潮が周辺の住人や産業に与える影響としては、①上水道水に不快臭をつける、②浄水場でろ過障害を起こさせる、③養魚場で養殖しているアユなどの魚類をへい死させる(注：魚介類のへい死は、原因生物による毒性の発生、魚介類の代謝機能の低下、原因生物の分解による溶存酸素の低下といった要素が複合的に関係して発生していると考えられている。)、④周辺の住人に直接異臭を感じさせる場合もある、⑤著しい場合には水域の景観を損なうことなどがあげられる。

36. 窒素 (T-N、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素)

【T-N(全窒素)】

全窒素(総窒素ともいう。)とは、無機態窒素(アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素)と有機態窒素を合わせた窒素化合物の総量をいう。窒素は生物の必須元素(生物が摂取することで得る、生命維持にとって欠かせない元素)の一つであり、特に、植物の生育にはリン、カリウムなどととも重要な元素である。ダム貯水池での富栄養化現象においては、リンとともに栄養塩類と呼ばれる。本項目は、湖沼における生活環境の保全に関する環境基準項目である。環境基準値は年間平均値とされている。

ダム貯水池における植物プランクトンの増殖には栄養塩類が必要であるが、無機態窒素は溶存態となっており、植物プランクトンが摂取しやすい形態である。

窒素の形態変化について詳述すると次のとおりである。有機態窒素は、微生物の働きによってアンモニア性窒素に分解される。好氣的環境では、アンモニア性窒素は更に硝化菌の働きによって亜硝酸性窒素から硝酸性窒素へと変化する(この変化を「硝化」という。)。嫌氣的環境では、逆に硝酸性窒素→亜硝酸性窒素→アンモニア性窒素という変化が起こり、硝酸性窒素や亜硝酸性窒素の一部は、脱窒菌(嫌氣的条件下で硝酸、亜硝酸中の酸素を呼吸に利用できる細菌群を指し、硝酸、亜硝酸中の窒素はガスの形態(N_2)に還元される。)の働きで窒素はガスの形態(N_2)で大気中に放出される。従属栄養細菌である脱窒菌の活動には、十分な有機物が必要であり、一般的には有機物が存在しない場合、脱窒は生じない。ただし、近年アナモックス(嫌氣性アンモニア酸化)という脱窒過程が確認されている。この脱窒過程は嫌氣条件下でアナモックス細菌により、亜硝酸性窒素及びアンモニア性窒素がガス(N_2)の形態と硝酸性窒素に変化する反応であるが、アナモックス細菌は独立栄養細菌であるため、反応に有機物を必要としないという特徴がある。

ダム貯水池の底水層では、これらの変化が連続的に起きており、硝酸性窒素とアンモニア性窒素の濃度が周期的に変化する現象が見られる場合(下図参照)もある。

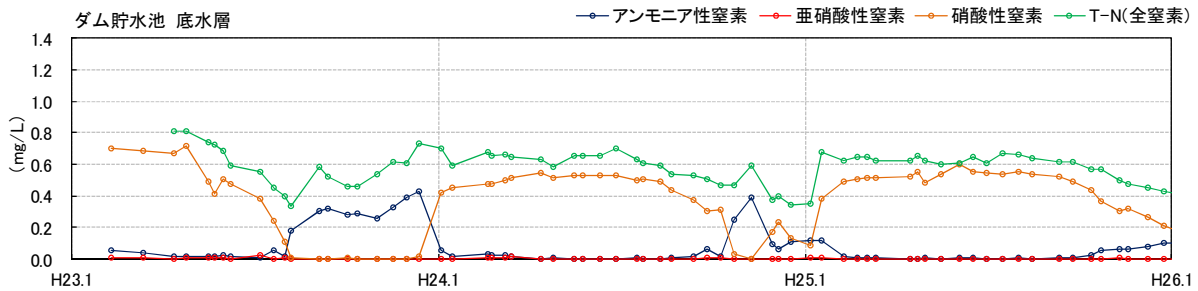


図 ダム貯水池底水層における各態窒素の挙動の事例

河川への窒素化合物の供給源には、山林、田畑からの流入、畜産排水、下水処理水、浄化槽の排水、生活排水、工場排水等がある。山林、田畑からは主に硝酸性窒素が供給されるのに対して、畜産排水、下水処理水、浄化槽の排水、生活排水からは主に有機体窒素又はその分解生成物であるアンモニア性窒素が供給される。これらの窒素化合物は、最終的には硝酸性窒素になるのが普通であるが、その変化は急速に進行するものではない。したがって、窒素化合物を各形態別に測定することにより汚染源や汚染されてからの経過時間のある程度推定することができる。

また、ダム建設に際し、ダム貯水池の樹木を全伐採せずに残す場合があるが、残置された樹木は湛水後の窒素負荷源の1つとなる可能性がある。また、ダム貯水池の湖岸に繁茂する植生、魚類の放流、飛来する鳥類の糞等についても、植生や魚類が死滅分解したり糞等が溶解すると負荷源の1つとなる可能性があることから、その点に留意する必要がある。

【アンモニア性窒素(NH₄-N)】

窒素化合物がアンモニアの形態で水に溶けたもので、大部分はアンモニウムイオン(NH₄⁺)の形で存在している。アンモニウム態窒素ともいう。

アンモニア性窒素は、畜産排水、下水処理水、浄化槽の排水、生活排水中の有機物の分解や工場排水、肥料等に起因する。自然水中では次第に亜硝酸性窒素や硝酸性窒素に変化していくので、アンモニア性窒素が検出されるということは、負荷排出源に近い、溶存酸素が欠乏し、嫌氣的あるいは還元的環境になっていることを示す。

【亜硝酸性窒素(NO₂-N)】

亜硝酸塩に含まれている窒素のことで、水中では亜硝酸イオン(NO₂⁻)として存在している。亜硝酸態窒素ともいう。本項目は、「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」として、人の健康の保護に関する環境基準項目であり、亜硝酸性窒素は、単独物質として浄水後の水道水に対する水道水質基準項目でもある。

亜硝酸性窒素は、好氣的環境では、主に硝化菌の働きによりアンモニア性窒素が酸化されて生じるが、極めて不安定な物質であり、硝酸性窒素に速やかに変化する。亜硝酸性窒素が速やかに硝酸性窒素に変化するのには、①アンモニア性窒素から亜硝酸性窒素への変化と、②亜硝酸性窒素から硝酸性窒素への変化の二段階の変化において、一般的には①の変化速度よりも②の変化速度が速いことに由来する。しかし、水温、pH、DO等の違いにより、①の変化速度よりも②の変化速度が遅くなる場合があり、ダム貯水池でそのような状態になると、一連の変化の過程において亜硝酸性窒素がダム貯水池において高濃度で検出される場合もある。

亜硝酸性窒素は、平成26年4月より浄水後の水道水に対する管理目標設定項目から水道水質基準項目に移行した。その基準濃度は0.04mg/Lであり、人の健康の保護に関する環境基準の基準値10mg/L(硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素)よりも低濃度となっている。したがって、特にダム貯水池から管路で直接水道用水が取水されているダム貯水池においては、水道原水としての観点からも濃度変化に留意する必要がある。

【硝酸性窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)】

硝酸塩として含まれている窒素のことで、水中では硝酸イオン(NO_3^-)として存在している。種々の窒素化合物が酸化されて生じた最終生成物であり、硝酸態窒素ともいう。本項目は、「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」として、人の健康の保護に関する環境基準項目であり、浄水後の水道水に対する水道水質基準項目でもある。

窒素化合物は、最終的に硝酸性窒素になるのが普通であるが、その変化は急速に進行するものではなく、硝酸性窒素の形態での供給源は主に山林、田畑と言われている。

37. 沈降速度

一般に液体中を沈降する単粒子に働く重力と抵抗力が等しくなって鉛直下方に等速運動しているときの速度をいう。沈降の形態には粒子の濃度、凝集性等から、①単粒子自由沈降、②多粒子沈降に分けられ、多粒子沈降は界面沈降(干渉沈降)と圧縮沈降に分類される。この中で、湖沼・貯水池での粒子沈降形態は単粒子自由沈降であり、単一球粒子に代表的な沈降速度式は粒子レイノルズ数の範囲(資料により多少の相違がある。)によって異なっており、沈降速度は粒子の大きさ、密度、形状、液体の温度(粘度、密度)等によって決まる。ダム貯水池で出水濁水が生じた場合には、洪水流入後に貯水池内の濁質濃度が十分低下すると、沈降現象が支配的になる。

38. 鉄 ==> 赤水と黒水

39. 電気伝導度

電気伝導度は、面積 1 cm^2 の2個の平面電極が対向する容器内に対象液体を満たして測定した電気抵抗の逆数をいう。単位は、 S/m (ジーメンズ/メートル)である。自然水の導電率は小さいので通常 mS/m (ミリジーメンズ/メートル)で表す。導電率は水温 1°C の増加に対し2%増加するので、一般に 25°C における数値で表示する。

これは、含有する陽イオン、陰イオンの合計量と各イオンの電流を伝導する能力に関係があり、普通、同一水系の水ではpHが5~9の範囲で溶解性物質に近似的に比例し、導電率(電気伝導度)と溶解性物質量の比は 1 mS/m が 6 mg/L 程度であることが多い。ちなみに、日本の河川の平均的導電率の値は 12 mS/m 程度、海水の値は $4,500\text{ mS/m}$ 程度である。

なお、この導電率(電気伝導度)は迅速に測定できるため、それ以後に行う試験項目の選定に役立ち、また異質水(肥料を多く含んだ農業排水、生活雑排水、感潮域においては海水等)の混入検知にも利用することができる。

40. 動物プランクトン ==> プランクトン

41. 透明度

透明度は、主にダム貯水池、湖沼、海での水の透明さの程度を表す指標であり、透明度板(直径 30 cm の白色の平らな円板)が見えなくなる限界の深さ(単位: m)で表す。

透明度は、ダム貯水池において出水濁水や渇水濁水によりダム貯水池に土砂が流入することにより低下するだけでなく、植物プランクトンの増殖範囲に影響を及ぼすことが知られている。一般的には、水面の光強度に対する相対光強度が1%になる水深(透明度の約2~3倍)が光合成による酸素生産量と呼吸による酸素消費量が等しくなる補償深度と呼ばれており、その水深までが増殖可能な範囲(水深)となる。

なお、水の透明さの程度を表す指標としては、透視度もある。透視度は、透視度計(直径 3 cm 、高さ 30 cm 又は 50 cm 又は 100 cm の排水孔(下口)付きガラス円筒)に測定する水を入れ、上から覗きながら少しずつ排水し、底においた標識版の目印(二重十字)が判別できる高さ(単位: cm)で表し、容易に測定ができるという特徴がある。

42. 曝気循環設備

【浅層曝気循環システム】

ダム貯水池の富栄養化現象及び濁水長期化現象対策用のシステムの一つである。富栄養化現象対策用としては、比較的水深の浅い位置(15~20m程度)に空気を送り込むことで貯水池浅層部に循環混合層を形成させ、温度躍層の位置を低下させる。流入河川からの栄養塩濃度の高い流入水をこの温度躍層へ導き、表層への栄養塩の供給を抑制し植物プランクトンの異常増殖を抑制する。また、循環混合層が表層に生息する植物プランクトンへの光を制限し、水面付近の温度も低下させることから植物プランクトンの増殖を抑えることができる。

濁水長期化現象対策用としては、循環混合層を厚く形成することによって洪水時の濁水を深部へ導き、表層への濁りの拡散を防止する。

【間欠式空気揚水筒[気泡弾方式揚水筒]】

植物プランクトンの増殖を抑制することを目的に湖沼や貯水池の水を循環し、混合させる方法の一つである。揚水筒内の下方から間欠的に大形の気泡(気泡弾と呼ばれる。)を噴出させ、その上昇にともなって中層以深の水を表面に押し上げることで水の混合を行う方式である。

このように、深層水を表層水中に移動させることによって、植物プランクトンの無光層への移動、表層水温の低下をもたらし、その結果、植物プランクトンの増殖を抑制又は死滅させ、現存量を減少させることによって、浄水処理の障害を間接的に減少させることができる。なお、間欠の気泡弾式はエネルギー効率が悪いので、多目的ダムでは近年は連続の散気式が多く使われている。

43. 貧酸素状態

ダム貯水池において水温成層が形成されると変水層を境に表層から深層へ溶存酸素の供給がなくなり、変水層以深の湖水中において溶存酸素の減少、消費が促進され低濃度となる状態をいう。

貧酸素の定義は明確ではないが、好氣的な生物が影響を受ける溶存酸素濃度と考えられており、おおむね溶存酸素の飽和率が50~30%以下に低下した状態をさす。ただし、生物種により適用できる溶存酸素の濃度範囲は異なるため、一概に適用はできない。この状態が進むと分子状態で溶け込んでいる酸素がなくなると無酸素あるいは嫌気化となる。

[引用: 日本陸水学会編(1999)『陸水の事典』講談社サイエンティフィック p408]

44. 付着藻類

付着生物に属する藻類としては、珪藻類、緑藻類が主な構成群である。川によっては紅藻類が出現することもある。古くから水質評価の指標生物として研究されてきた。

河川の中流の瀬では、石礫の付着藻類が1次生産者としてアユなど藻類食の魚類や水生昆虫を支えている。砂泥地では通常付着藻類量は少ないが、大型水生植物がある場合、それに付着する藻類が平面的に底面に付着する場合の数十倍の現存量をもつと言われている。

45. プランクトン

水中で浮遊生活し、遊泳力をもたないか、あっても小さいために水の動きに逆らって自らの位置を保持できない生物群をいう。これを構成する生物は多種多様であり、あらゆる分類群にわたる。これらは個体のサイズによる区分がある。区分については様々な研究事例があり、その例を示す。

- ①フェムトプランクトン[0.02~0.2 μ m]: ウィルス
- ②ピコプランクトン[0.2~2 μ m]: 主として細菌類と藻類の一部
- ③ナノプランクトン(微小プランクトン)[2~20 μ m]: 主として藻類、原生動物、菌類
- ④ミクロプランクトン(小形プランクトン)[20~200 μ m]: 主に藻類、原生動物、後生動物

- ⑤メソプランクトン(中形プランクトン)[0.2~20mm]：藻類・後生動物
- ⑥マクロプランクトン(大形プランクトン)[2~20cm]：後生動物
- ⑦メガプランクトン(巨大プランクトン)[20cm以上]：後生動物

また、栄養摂取の方法の違いから植物プランクトンと動物プランクトンに分ける場合がある。これらは生活型式に基づいて分類する方法であり、分類学体系による分類ではない。植物プランクトンの範疇に入るものは一次生産者として重要である。

ダム貯水池では、植物プランクトンのうち一部の属種が異常増殖することにより、アオコや異臭味といった水質障害が発生することがあり、その監視や発生要因の分析等に用いるため、植物プランクトンの調査を行うこととしている。

46. フレーム調査

ダム貯水池の流域における汚濁負荷を把握するためには、流域の様々な汚濁源となるものについて把握する必要がある。汚濁源としては、人間や家畜、工場・事業場、土地の利用状況などが考えられ、それら各要素の諸量(汚水処理形態別の人口、農業種別土地利用面積、畜産頭数、森林面積、出荷額、水量及び水質原単位等)の調査をいう。

47. 変水層(温度躍層)

春から夏の受熱期に滞留時間等の水理的な条件が整う水域では、大気との熱交換や貯留水と流入水の水温差、並びに風のじょう乱が作用して、水面付近には特徴的な水温分布が形成される。水温が急変する層を変水層(温度躍層)といい、それより浅い水域を表水層、深い水域を深水層という。水温が高い上層と水温の低い下層は密度の差によりお互いに混合されない。

【表水層】

水温の急変部より浅い部分における、鉛直混合が卓越した高温層。水温は日周変動を受け易いが、その水温勾配は比較的小さい。混合層(Mixed-layer)と呼ばれることもある。表水層は流入・流出水の流動や気温の日周変動、更には風の作用を受けて表水層内で鉛直方向に混合される。

【変水層(温度躍層)】

水温が急変する層。温度躍層とも呼ばれる。変水層の上下間では一般的に密度差が大きく、密度的安定状態にあるため、鉛直混合が抑制される。このため、変水層を境に上下層で流動、水質・生物分布などが大きく異なる。ダム貯水池では、取放水口付近へ引き寄せられることによっても変水層が形成される。水面熱交換や風などの気象要因によって形成される温度躍層を一次躍層と呼ぶのに対して、これを二次躍層と呼ぶ。

【深水層】

水温躍層より下層の水深が深い低温層。流れは一般に極めて小さく乱れや水質混合も比較的小さい。

※変水層の表記は、ダム貯水池水質調査要領(H27.3)に従った

48. マンガン ==> 赤水と黒水

49. 溶出

湖沼や貯水池のような水の入れ替わりの少ない水域では、河川から流入する有機物や無機物、その水域で夏期に繁殖した植物プランクトンや動物プランクトンの死骸などの有機物が沈降・堆積する。また、それらの有機物や無機物が、懸濁状態にある時に吸着された重金属類・有機塩素化合物などの有害化学物質も底泥に堆積する。この種の底質に含まれる有機物が嫌気化することにより、底層水の貧酸素化ないしは無酸素化により底質中の有

機物の嫌氣的分解がさらに進み、有機態炭素、栄養塩類(窒素及びりん化合物)の溶出が起り、更に重金属類なども溶出して、これらはともに底層水塊に溶け込んでいく。これらの物質を溶出物と称している。

50. 硫化水素

硫化物は、ほとんどすべての金属類、ひ素、ホウ素、セレン、シリカ、炭素、窒素などと硫黄が結びついた化合物である。アルカリ金属の硫化物は溶解性が高く、その溶解は強アルカリ性である。

水中の硫化物は、溶存状態のほかに各種金属と結合して存在している。金属と結合していない遊離の硫化物は、 H_2S 、 HS^- 及び S^{2-} の形態で存在しているが、中性(pH7)付近の水中に溶存できる S^{2-} は非常に微量である。また、溶存酸素の供給が少ない湖沼での深層水中や汚濁した感潮域での河川水においては硫酸イオンが硫酸還元菌によって還元されて生成される。汚濁の進んだ水域の底泥は、この硫化物が底質に含まれる鉄と反応し黒色の硫化鉄を生成し黒色を呈する。これは、貯水池における富栄養化の進行においても懸念される現象である。また、水中で遊離した硫化物は溶存酸素と反応し、これを消費するため貧酸素となり生物の生育の障害となる。

硫化物が還元してガス化したのが硫化水素で、数 $10\mu g/L$ の低濃度で臭気を発し、金属類を腐食させる。人体に有害で、 $1,000mg/L$ 以上の硫化水素を含む空気を吸引すると直ちに虚脱、こん睡状態となり呼吸麻痺で死亡する。

なお、硫黄そのものは、タンパク質を構成する要素として重要であり、富栄養化項目として比較的話題にしやすい窒素やリンと同様に、様々な化学的生物的作用を受けながら自然界を循環している。硫化水素もその中の一形態である。

51. 硫酸塩

硫酸塩は硫酸(H_2SO_4)の水素が金属やその化合物で置換された塩をいい、一部を除いて水に可溶である。自然界では石膏($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)、重晶石($BaSO_4$)などとして算出される。

硫酸イオンは水中に溶解している硫酸塩中の硫酸根(SO_4^{2-})を示す。天然に硫酸物鉱床等があると空気中や水中の酸素により酸化され硫酸イオンが生じる。温泉や鉱泉にはしばしば多量の硫酸イオンを含むものがあり、河川等の水質を酸性化させ、ダム貯水池に流入する場合、ダム堤体や水利用等に大きな影響を与える。

河川での人為的汚染源としては工場排水や化学肥料(硫安)を含む農業排水や鉱内排水等があり、その地下水汚泥やし尿を含む下水にも硫酸イオンは含まれる。

また、硫酸イオンは湖沼、内湾のように、夏期の底層や汚濁水の停滞層のような貧酸素の還元性の条件のもとでは、硫酸還元菌の作用で還元され硫化物となる。日本の多くの河川では数 mg/L ~十数 mg/L であり、硫酸イオン濃度が問題となるケースはそれほど多くないが、一部の河川、特に上流部に硫黄採掘の廃鉱山が存在する場合は、いまだに溶存酸素濃度の高い地下水が硫黄を溶かし、pHの極めて低い水を流下させている。そのため、下流に被害が及ぶのを防ぐために特別な施設を設けて中和処理を続けてきている例が北上川の四十四田ダム上流にもある。また、群馬県草津町の湯川では炭酸カルシウム水溶液を投入することにより、常に酸性河川の中和を続けてきている。

なお、硫黄そのものは、タンパク質を構成する要素として重要であり、富栄養化項目として比較的話題にしやすい窒素やリンと同様に、様々な化学的生物的作用を受けながら自然界を循環している。硫酸塩もその中の一形態である。

52. 硫酸還元菌

硫酸還元菌とは、嫌氣的条件下の有機物の含有量の多い底質において、硫酸塩を電子受容体として、有機物又は水素を酸化してエネルギーを得て、硫酸塩を還元して硫化物あるいは硫化水素に転換する働きをもつ細菌である。有機物が多く還元状態となっている底泥は黒色となる。これも硫酸還元菌の作用によるもので、底質に含まれている硫酸塩の酸素

原子が奪われて硫化物(S²⁻)となり、硫化鉄(FeS)として沈殿しているからである。湖沼や貯水池などの底質は、春から夏期の成層期には特に貧酸素状態になりやすいため、硫酸還元菌の活動が活発となって硫化水素(H₂S)の発生の危険も生じる。

53. 流動制御

濁水長期化現象及び貧栄養化現象の対策技術の一つである。循環流制御設備等を用いて貯水池内に循環混合層を形成し、濁水が貯水池内出滞留しないよう中・下層に導水したり、植物プランクトンの増殖を抑制したりする手法である。

平常時に湖内の表層付近の水温分布が均一な循環混合層を厚く形成しておき、中小洪水時にもこの層を維持することにより、表層に生息する植物プランクトンへの栄養塩類の供給と日光の透過を抑制し、これにより植物プランクトンの増殖を抑制する。また、出水時の濁質を貯水池の中・下層に導き表層の濁りを軽減する。このシステムは、散気装置による循環流動設備、選択流入設備及び選択放流設備からなり、必要に応じて深層DO改善設備を設置することもある

54. 流動制御フェンス

貯水池における濁水による表層の濁りや植物プランクトンの増殖を制御するために、貯水池内の水の流動を制御するフェンスを設置して水質の改善を行う手法である。

貯水池の流入端にフェンスを設置し、出水時の濁水や栄養塩に富んだ流入水をフェンス下端の層へ導入させることによって表層の濁りを減少させ、また、植物プランクトンへの栄養塩類の供給を制御し、植物プランクトンの増殖抑制を図るものである。なお、栄養塩類を有光層へ再浮上させないように、選択取水設備と併用することも効果的である。ただし、流木等の多い貯水池や水位変動の大きい貯水池では、フェンスが流水の阻害とならないよう、容易に撤去、再設置ができるような工夫が必要である。

湖沼で発生する植物プランクトンが湖水面の表層に集積しているとき、風による吹送流により湖面を一定方向に移動することを利用して、植物プランクトンをフェンス内に取り込むことを目的とした例もある。

55. 粒度分布

粒度組成とは、底質を構成する粒子の粒径別重量比を百分率で表したものである。粒度組成の大小や偏りは、有機物の含有状況等も判断する基準になる。なお、土質(底質)の粒径は土質分類学上、土粒子径により、礫、粗砂、細砂、シルト、粘土などにクラス分けして表示される。

底質の粒度組成は、粒径が小さければ小さいほど沈降しにくいという特性があるため、ダム貯水池では上流域の土質の粒径が細かければ、特に洪水期においては細かい粒子がダム貯水池に流入し、濁水長期化の要因ともなる。

56. 流入水バイパス

バイパスには、貯水池の堆砂軽減を目的とした土砂バイパスがある。そのほかに濁水長期化軽減対策としての清水バイパス・濁水バイパス、富栄養化対策としてのバイパス及び冷・温水対策としてのバイパスがある。また、これらの機能を併せもつ場合もある。以下にそれぞれのバイパスを説明する。

【清水バイパス】

出水後、貯水池内で全層が混合し濁度が高くなった場合、選択取水設備等の水質保全施設だけでは現状の流入水に比べ放流濁度が高くなる。このような時に備えてダム上流に堰を設け、濁度の低い流入水をダム下流に放流するためのものであり、下流部の水質を保全するために設置されるバイパスをいう。

【濁水バイパス】

貯水池内の濁水化を防止するために、出水期間中の濁水をバイパスさせ、貯水池への懸濁物質流入の低減を図るバイパスをいう。

【富栄養化対策バイパス】

貯水池内に流入する排水などを貯水池の下流にバイパスし、貯水池内にはできるだけ流入させないようにする方法であり、流路変更(diversion)とも呼ばれている。バイパスすることにより栄養塩等の流入負荷削減が可能となるため、富栄養化対策としての効果が得られる。

【冷・温水対策としてのバイパス】

上流の水を貯水池に溜めず、ダム下流へ直接放流することで、流入水と放流水の温度差をなくし、ダム下流の冷水現象、温水現象の低減を図るバイパスをいう。

57. 流入負荷・汚濁負荷

【排出負荷量】

流域において汚濁負荷源となる要素の諸量(汚水処理形態別の人口、農業種別土地利用面積、畜産頭数、森林面積等)をフレーム調査により把握した上で、各要素の単位当たりの排出負荷量、つまり汚濁負荷原単位を算出値あるいは文献値(例えば、流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説)から設定し、両者の積を足し合わせることで得られるのが排出負荷量である。

汚濁負荷原単位は、あくまで各種事例の平均的な値であることから、排出負荷量は流域から排出される負荷量のポテンシャルを数値化したものといえ、経年的な人口の増減、土地利用形態の変化、産業構造の変化に応じた排出負荷量の推移を把握するための手法として有用である。したがって、実際に河川等に流入してくる負荷量については、別途、流入負荷量調査により把握することが必要である。

なお、流域特性の違いやその変化に伴って汚濁負荷原単位も変化することから、文献値のみに頼らず、流域毎に適切なタイミングで汚濁負荷原単位を算出することが望ましい。

【流入負荷量】

流入量と流入水質の濃度の積により得られる数値であり、平常時と出水時の負荷特性の違いを考慮し、平常時及び出水時に流入量と流入水質を測定した上で、流入負荷量を算出することが重要である。なお、ダム貯水池に複数の河川が流入する場合には、必ずしも流入水質の濃度の高い河川が流入負荷量も高いわけではなく、流入量に応じて負荷量に変化することに留意する必要がある。

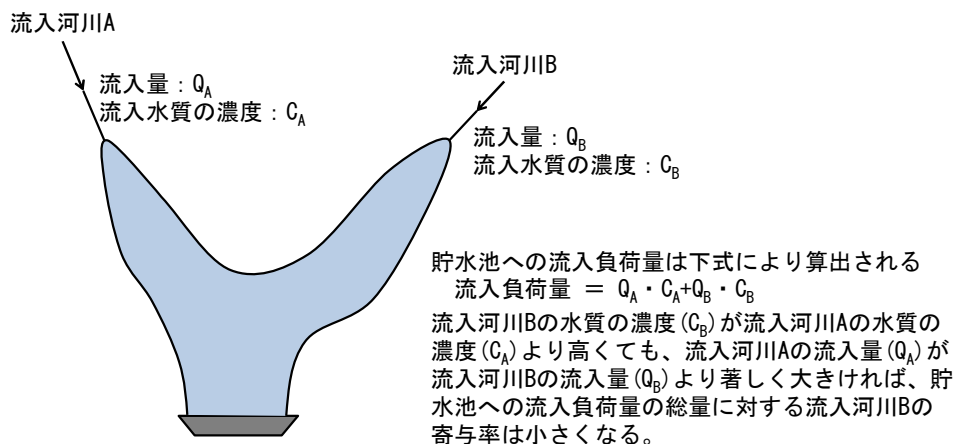


図 ダム貯水池への流入負荷量を算出する際の考え方

58. リン (T-P、PO₄-P)

【T-P (全リン)】

水中のリン化合物は無機態と有機態、溶解性と粒子性に区分され、無機態リンはさらにオルトリン酸塩と重合リン酸塩に分けられる。全リン（総リンともいう。）とは、それらを合わせたリン化合物の総量をいう。各種のリン化合物を全て分別して測定することはほとんど不可能なので、通常の水質分析では主に、無機態リンとしてオルトリン酸態リンが、有機態リンも含めたリンの総量として全リンが測定される。リンは生物の必須元素(生物が摂取することで得る、生命維持にとって欠かせない元素)であり、窒素とともに湖沼やダム貯水池のプランクトンの生長を左右する要因である。本項目は、湖沼における生活環境の保全に関する環境基準項目である。環境基準値は年間平均値とされている。

リンは地層中に広く存在する元素であり、自然水中にも存在するが、それらの寄与はわずかであり、生活排水、工場排水、農業排水及びこれらの汚水を処理した排水等からの人為的負荷が大きい。

また、ダム建設に際し、ダム貯水池の樹木を全伐採せずに残す場合があるが、残置された樹木は湛水後のリン負荷源の 1 つとなる可能性がある。また、ダム貯水池の湖岸に繁茂する植生、魚類の放流、飛来する鳥類の糞等についても、負荷源の 1 つとなる可能性がある。

【PO₄-P (オルトリン酸態リン[正リン酸ともいう])】

水中の無機態リン化合物の中で最も安定した形のリンである。通常リン酸という場合はオルトリン酸を指す。

溶解性オルトリン酸態リンは、植物プランクトンが利用しやすい形態の栄養塩であり、植物プランクトンの消長に密接に関連する。粒子性オルトリン酸態リンは、水中の土壌粒子に吸着した状態で存在する。

59. ろ過障害

藻類(ミクロキスティス(*Microcystis*)など)や一度捕捉凝集されたフロックから運動性をもつため抜け出してしまふ藻類(シネドラ(*Synedra*)など)、気泡を形成してフロックを浮上させてしまふ藻類は、沈殿池からろ過池へ流れ出ることにより、ろ過池閉塞を起こすこともある。また、緩速ろ過方式のろ過池では、大型あるいは寒天質をもった浮遊性藻類のミクロキスティス(*Microcystis*)、アナベナ(*Anabaena*)等及び動物のミジンコ類(*Daphnia pulex*、*Moina* 属、*Cyclops* 属)などの流入によって、ろ層の閉塞を起こすことがある。ろ過池を通過してしまふような小型の藻類によって、浄水が着色することもある。

<参考とした図書等>

- 1) ダム貯水池水質調査要領 (平成 27 年 3 月 国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課)
- 2) ダム貯水池水質用語集 (平成 18 年 3 月 財団法人ダム水源地環境整備センター編)
- 3) 土木用語大辞典 (平成 11 年 2 月 社団法人土木学会編)
- 4) 陸水の事典 (平成 18 年 3 月 日本陸水学会編)

◆水質汚濁に係る環境基準

(http://www.env.go.jp/ki_jun/mizu.html)

(昭和46年12月28日 環境庁告示59号)

H28 環告37の改正を元に整理

(1) 人の健康の保護に関する環境基準 (別表1) (27項目)

項目	基準値	測定方法
カドミウム	0.003mg/L 以下	日本工業規格K0102 (以下「規格」という。) 55.2, 55.3 又は 55.4 に定める方法
全シアン	検出されないこと	規格 38.1.2 及び 38.2 に定める方法、規格 38.1.2 及び 38.3 に定める方法又は規格 38.1.2 及び 38.5 に定める方法
鉛	0.01mg/L 以下	規格 54 に定める方法
六価クロム	0.05mg/L 以下	規格 65.2 に定める方法 (ただし、規格 65.2.6 に定める方法により汽水又は海水を測定する場合にあつては、日本工業規格 K0170-7 の 7 の a) 又は b) に定める操作を行うものとする。)
砒素	0.01mg/L 以下	規格 61.2, 61.3 又は 61.4 に定める方法
総水銀	0.0005mg/L 以下	付表 1 に掲げる方法
アルキル水銀	検出されないこと	付表 2 に掲げる方法
P C B	検出されないこと	付表 3 に掲げる方法
ジクロロメタン	0.02mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.2 に定める方法
四塩化炭素	0.002mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
1,2-ジクロロエタン	0.004mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1 又は 5.3.2 に定める方法
1,1-ジクロロエチレン	0.1mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.2 に定める方法
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.2 に定める方法
1,1,1-トリクロロエタン	1mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
1,1,2-トリクロロエタン	0.006mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
トリクロロエチレン	0.01mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
テトラクロロエチレン	0.01mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2, 5.3.1, 5.4.1 又は 5.5 に定める方法
1,3-ジクロロプロペン	0.002mg/L 以下	日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.1 に定める方法
チウラム	0.006mg/L 以下	付表 4 に掲げる方法
シマジン	0.003mg/L 以下	付表 5 の第 1 又は第 2 に掲げる方法
チオベンカルブ	0.02mg/L 以下	付表 5 の第 1 又は第 2 に掲げる方法
ベンゼン	0.01mg/L 以下	以下日本工業規格K0125 の 5.1, 5.2 又は 5.3.2 に定める方法
セレン	0.01mg/L 以下	規格 67.2, 67.3 又は 67.4 に定める方法
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10mg/L 以下	硝酸性窒素にあつては規格 43.2.1、43.2.3、43.2.5 又は 43.2.6 に定める方法、亜硝酸性窒素にあつては規格 43.1 に定める方法
ふっ素	0.8mg/L 以下	規格 34.1 若しくは 34.4 に定める方法又は規格 34.1c) (注 (6) 第三文を除く。) に定める方法 (懸濁物質及びイオンクロマトグラフ法で妨害となる物質が共存しない場合にあつては、これを省略することができる。) 及び付表 6 に掲げる方法
ほう素	1mg/L 以下	規格 47.1、47.3 又は 47.4 に定める方法
1,4-ジオキサン	0.05mg/L 以下	付表 7 に掲げる方法
備考		
<p>1 基準値は年間平均値とする。ただし、全シアンに係る基準値については、最高値とする。</p> <p>2 「検出されないこと」とは、測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。別表 2 において同じ。</p> <p>3 海域については、ふっ素及びほう素の基準値は適用しない。</p> <p>4 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の濃度は、規格 43.2.1、43.2.3、43.2.5 又は 43.2.6 により測定された硝酸イオンの濃度に換算係数 0.2259 を乗じたものと規格 43.1 により測定された亜硝酸イオンの濃度に換算係数 0.3045 を乗じたものの和とする。</p>		

(2) 生活環境の保全に関する環境基準 (別表 2)

1. 河川 (湖沼を除く)

ア.

項目 類型	利用目的の適応 性	基 準 値					該当水域
		水素イオン 濃度 (pH)	生物化学的 酸素要求量 (BOD)	浮遊物質 量 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数	
AA	水道 1 級 自然環境保全及 びA以下の欄に 掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	1mg/L 以下	25mg/L 以下	7.5mg/L 以 上	50MPN/100mL 以下	第 1 の 2 の (2)により水 域類型ごと に指定する 水域
A	水道 2 級 水産 1 級 水浴及びB以下 の欄に掲げるも の	6.5 以上 8.5 以下	2mg/L 以下	25mg/L 以下	7.5mg/L 以 上	1,000MPN/100m L 以下	
B	水道 3 級 水産 2 級及びC 以下の欄に掲げ るもの	6.5 以上 8.5 以下	3mg/L 以下	25mg/L 以下	5mg/L 以上	5,000MPN/100m L 以下	
C	水産 3 級 工業用水 1 級及 びD以下の欄に 掲げるもの	6.5 以上 8.5 以下	5mg/L 以下	50mg/L 以下	5mg/L 以上	—	
D	工業用水 2 級 農業用水及びE の欄に掲げるも の	6.0 以上 8.5 以下	8mg/L 以下	100mg/L 以下	2mg/L 以上	—	
E	工業用水 3 級 環境保全	6.0 以上 8.5 以下	10mg/L 以下	ごみ等の浮 遊が認めら れないこと。	2mg/L 以上	—	
測定方法		規格 12.1 に 定める方法 又はガラス 電極を用い る水質自動 監視測定装 置によりこ れと同程度 の計測結果 の得られる 方法	規格 21 に定 める方法	付表 9 に掲 げる方法	規格 32 に定 める方法又 は隔膜電極 を用いる水 質自動監視 測定装置に よりこれと 同程度の計 測結果の得 られる方法	最確数によ る定量法	

備 考	
1	基準値は、日間平均値とする（湖沼、海域もこれに準ずる。）。
2	農業用利水点については、水素イオン濃度 6.0 以上 7.5 以下、溶存酸素量 5mg/L 以上とする（湖沼もこれに準ずる。）。
3	自動水質観測設備とは、当該項目について自動的に計測することができる装置であって、計測結果を自動的に記録する機能を有するもの又はその機能を有する機器と接続されているものをいう（湖沼海域もこれに準ずる。）。
4	最確数による定量法とは、次のものをいう（湖沼、海域もこれに準ずる。）。 試料 10mL、1mL、0.1mL、0.01mL……のように連続した 4 段階（試料量が 0.1mL 以下の場合は 1mL に希釈して用いる。）を 5 本ずつ BGLB 醗酵管に移殖し、35～37℃、48±3 時間培養する。ガス発生を認めたものを大腸菌群陽性管とし、各試料量における陽性管数を求め、これから 100mL 中の最確数を最確数表を用いて算出する。この際、試料はその最大量を移殖したものの全部か又は大多数が大腸菌群陽性となるように、また最少量を移殖したものの全部か又は大多数が大腸菌群陰性となるように適当に希釈して用いる。なお、試料採取後、直ちに試験ができない時は、冷蔵して数時間以内に試験する。
(注)1 自然環境保全：自然探勝等の環境保全	
2	水 道 1 級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの
	水 道 2 級：沈澱ろ過等による通常の浄水操作を行うもの
	水 道 3 級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの
3	水 産 1 級：ヤマメ、イワナ等貧腐水性水域の水産生物用並びに水産 2 級及び水産 3 級の水産生物用
	水 産 2 級：サケ科魚類及びアユ等貧腐水性水域の水産生物用及び水産 3 級の水産生物用
	水 産 3 級：コイ、フナ等、β-中腐水性水域の水産生物用
4	工業用水 1 級：沈澱等による通常の浄水操作を行うもの
	工業用水 2 級：薬品注入等による高度の浄水操作を行うもの
	工業用水 3 級：特殊の浄水操作を行うもの
5	環 境 保 全：国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む。）において不快感を生じない限度

イ.

項目類型	水生生物の生息状況の適応性	基 準 値			該当水域
		全亜鉛	ノニルフェノール	直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩	
生物 A	イワナ、サケマス等比較的低温域を好む水生生物及びこれらの餌生物が生息する水域	0.03mg/L 以下	0.001mg/L 以下	0.03mg/L 以下	第 1 の 2 の (2) に より水域類型ごとに指定する水域
生物特 A	生物 A の水域のうち、生物 A の欄に掲げる水生生物の産卵場（繁殖場）又は幼稚仔の生育場として特に保全が必要な水域	0.03mg/L 以下	0.0006mg/L 以下	0.02mg/L 以下	
生物 B	コイ、フナ等比較的高温域を好む水生生物及びこれらの餌生物が生息する水域	0.03mg/L 以下	0.002mg/L 以下	0.05mg/L 以下	
生物特 B	生物 A 又は生物 B の水域のうち、生物 B の欄に掲げる水生生物の産卵場（繁殖場）又は幼稚仔の生育場として特に保全が必要な水域	0.03mg/L 以下	0.002mg/L 以下	0.04mg/L 以下	
測定方法		規格 53 に定める方法	付表 11 に掲げる方法	付表 12 に掲げる方法	
備 考					
1 基準値は、年間平均値とする（湖沼、海域もこれに準ずる。）。					

2. 湖沼（天然湖沼及び貯水量が1,000万立方メートル以上であり、かつ、水の滞留時間が4日間以上である人工湖）

ア

項目 類型	利用目的の 適応性	基 準 値					該当水域
		水素イオン 濃度 (pH)	化学的酸素 要求量(COD)	浮遊物質 量(SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数	
AA	水道1級 水産1級 自然環境保全 及びA以下の 欄に掲げるも の	6.5以上8.5 以下	1mg/L以下	1mg/L以下	7.5mg/L以 上	50MPN/100mL 以下	第1の2の (2)により 水域類型 ごとに指 定する水 域
A	水道2,3級 水産2級 水浴及びB以 下の欄に掲げ るもの	6.5以上8.5 以下	3mg/L以下	5mg/L以下	7.5mg/L以 上	1,000MPN/100 mL以下	
B	水産3級 工業用水1級 農業用水及び Cの欄に掲げ るもの	6.5以上8.5 以下	5mg/L以下	15mg/L以下	5mg/L以上	—	
C	工業用水2級 環境保全	6.0以上8.5 以下	8mg/L以下	ごみ等の浮遊 が認められな いこと。	2mg/L以上	—	
測定方法		規格12.1 に定める方 法又はガラ ス電極を用 いる水質自 動監視測定 装置により これと同程 度の計測結 果の得られ る方法	規格17に定 める方法	付表9に掲 げる方法	規格32に 定める方法 又は隔膜電 極を用いる 水質自動監 視測定装置 によりこれ と同程度の 計測結果の 得られる方 法	最確数によ る定量法	
<p>備 考</p> <p>水産1級、水産2級及び水産3級については、当分の間、浮遊物質量の項目の基準値は適用しない。 (注)</p> <p>1 自然環境保全：自然探勝等の環境保全</p> <p>2 水 道 1 級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの 水 道 2,3 級：沈澱ろ過等による通常の浄水操作、又は、前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの</p> <p>3 水 産 1 級：ヒメマス等貧栄養湖型の水産生物用並びに水産2級及び水産3級の水産生物用 水 産 2 級：サケ科魚類及びアユ等貧栄養湖型の水産生物用並びに水産3級の水産生物用 水 産 3 級：コイ、フナ等富栄養湖型の水産生物用</p> <p>4 工業用水1級：沈澱等による通常の浄水操作を行うもの工業用水2級：薬品注入等による高度の浄水操作、 又は、特殊の浄水操作を行うもの</p> <p>5 環 境 保 全：国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む）において不快感を生じない限度</p>							

イ

項目 類型	利用目的の適応性	基準値		該当水域
		全窒素	全磷	
I	自然環境保全及びII以下の欄に掲げるもの	0.1mg/L以下	0.005mg/L以下	第1の2の(2)により水域類型ごとに指定する水域
II	水道1,2,3級(特殊なものを除く。) 水産1種 水浴及びIII以下の欄に掲げるもの	0.2mg/L以下	0.01 mg/L以下	
III	水道3級(特殊なもの)及びIV以下の欄に掲げるもの	0.4mg/L以下	0.03 mg/L以下	
IV	水産2種及びVの欄に掲げるもの	0.6mg/L以下	0.05 mg/L以下	
V	水産3種 工業用水 農業用水 環境保全	1 mg/L以下	0.1 mg/L以下	
測定方法		規格 45.2、45.3、45.4 又は 45.6 に定める方法	規格 46.3 に定める方法	
備考				
<p>1 基準値は、年間平均値とする。</p> <p>2 水域の類型指定は、湖沼植物プランクトンの著しい増殖を生ずるおそれのある湖沼について行うものとし、全窒素の項目の基準値は、全窒素が湖沼植物プランクトンの増殖の要因となる湖沼について適用する。</p> <p>3 農業用水については、全磷の項目の基準値は適用しない。</p> <p>(注)</p> <p>1 自然環境保全：自然探勝等の環境保全</p> <p>2 水道 1級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの 水道 2級：沈澱ろ過等による通常の浄水操作を行うもの 水道 3級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの（「特殊なもの」とは、臭気物質の除去が可能な特殊な浄水操作を行うものをいう。）</p> <p>3 水産 1種：サケ科魚類及びアユ等の水産生物用並びに水産2種及び水産3種の水産生物用 水産 2種：ワカサギ等の水産生物用及び水産3種の水産生物用 水産 3種：コイ、フナ等の水産生物用</p> <p>4 環境保全：国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む。）において不快感を生じない限度</p>				

ウ

項目 類型	水生生物の生息状況の適応性	基準値			該当水域
		全亜鉛	ノニルフェノール	直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩	
生物A	イワナ、サケマス等比較的低温域を好む水生生物及びこれらの餌生物が生息する水域	0.03mg/L以下	0.001mg/L以下	0.03mg/L以下	第1の2の(2)により水域類型ごとに指定する水域
生物特A	生物Aの水域のうち、生物Aの欄に掲げる水生生物の産卵場（繁殖場）又は幼稚仔の生育場として特に保全が必要な水域	0.03mg/L以下	0.0006mg/L以下	0.02mg/L以下	
生物B	コイ、フナ等比較的高温域を好む水生生物及びこれらの餌生物が生息する水域	0.03mg/L以下	0.002mg/L以下	0.05mg/L以下	
生物特B	生物A又は生物Bの水域のうち、生物Bの欄に掲げる水生生物の産卵場（繁殖場）又は幼稚仔の生育場として特に保全が必要な水域	0.03mg/L以下	0.002mg/L以下	0.04mg/L以下	
測定方法		規格 53 に定める方法	付表 11 に掲げる方法	付表 12 に掲げる方法	

エ

項目類型	水生生物が生息・再生産する場の適応性	基準値	該当水域
		底層溶存酸素量	
生物 1	生息段階において貧酸素耐性の低い水生生物が生息できる場を保全・再生産する水域又は再生産段階において貧酸素耐性の低い水生生物が再生産できる場を保全・再生産する水域	4.0mg/L 以上	第 1 の 2 の (2) に より水域類型ご とに指定する水 域
生物 2	生息段階において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が生息できる場を保全・再生産する水域又は再生産段階において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が再生産できる場を保全・再生産する水域	3.0mg/L 以上	
生物 3	生息段階において貧酸素耐性の高い水生生物が生息できる場を保全・再生産する水域、再生産段階において貧酸素耐性の高い水生生物が再生産できる場を保全・再生産する水域又は無生物域を解消する水域	2.0mg/L 以上	
測定方法		規格 32 に定める方法又は付表 13 に掲げる方法	
備 考 1 基準値は、日間平均値とする。 2 底面近傍で溶存酸素量の変化が大きいが想定される場合の採水には、横型のバンドン採水器を用いる。			

FAQ

1. 専門用語

Q：手引きの中に水質や水質改善対策に関する専門用語が多数出てくるが、その用語の解説をお願いしたい。

A：水質や水質改善対策等に関する専門用語の解説としては、本書の水質用語解説のほか、以下が参考になりますので、必要に応じて参照してください。

(1)ダム貯水池水質調査要領：国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課，平成 27 年 3 月のうち、VI. 付属資料 3. 水質用語解説

(2)ダム貯水池水質用語集：財団法人ダム水源地環境整備センター，平成 18 年 3 月

2. 手引きの適用

Q：手引きに示されている「水質改善対策の体系」は、すべてのダム貯水池においてこのとおりの流れで調査検討等を実施する必要があるのか。

A：本手引きは、ダム貯水池において水質変化現象が発生した場合の調査検討や対策実施後のモニタリング等について、標準的な流れを示したものです。

したがって、実際に個別ダムにおいて検討等を行う際には、当該ダムの置かれた状況や求められる内容等を踏まえ、必要と考えられる内容を取捨選択して進めることが適当と考えます。

3. 発生源の推定

Q：手引きに出てくる「発生源の推定」とはどのようなものをイメージすればよいのか。

A：本手引きで使用している「発生源の推定」とは、ダム貯水池のみならず流域も含めて原因となる物質や物性、生物の発生要因を絞り込むことを想定しています。これにより、ダム管理者が実施できる対策か否かの判断が可能となるだけでなく、流域に協力を仰ぐ際の根拠資料となるものと考えます。

4. 対策目標の設定

Q：水質改善対策の目標(指標値等)の設定について、具体的にどう設定したら良いのか、もう少し具体的に記載してほしい。

A：ダム貯水池の水質目標としては、環境基準やOECDの富栄養化に関する指標値等を参考にすることが考えられますが、ダム貯水池で発生する水質変化現象の性質やダム貯水池のもつ個別特性、水質変化現象による実害等の程度により、設定する値は様々です。したがって、上記に示した基準等を参考としつつ、当該ダムで生じている水質変化現象の状況や他ダムでの設定例等を参考に、個別に設定することとなります。

5. 維持管理プロセスの効果確認期間

Q：「維持管理段階にある水質改善対策は、対策施設等の運用により得られる水質改善効果を継続的に確認する」とあるが、具体的にいつまで確認するのか。

A：水質改善対策を実施した直後は、その効果を確認し、適宜、運用等の改善を行うための試行期間の目安として3年のモニタリング期間を設けています。しかし、モニタリング期間中に大規模出水や渇水に伴う大幅な貯水位低下等、対策検討段階で想定していなかった事象が発生する場合も考えられます。そのような場合には、必要に応じてモニタリング期間も延長する等が必要と考えます。

また、モニタリング期間以降の維持管理段階では、引き続き水質改善対策の効果が発現しているかは継続的に確認していく必要があるため、基本的には水質改善対策を運用している限りは、継続して効果確認を行うことを基本と考えています。

6. 流域連携

Q：流域との連携には、当該ダムの上流にある河川やダムの管理者等との連携や当該ダム下流の利水者との連携も含まれるものと推察するが、具体的にそれら機関等の連携としてどのようなことを行えばよいのか。

A：当該ダムの管理者は、定期調査や水質自動監視装置等による水質監視を行っていますが、ダム上下流の河川やダムの管理者、水道事業者等もダム貯水池や取水地点等において定期的な水質調査等を実施しています。これらの情報を日頃から共有することにより、水質異常を早期に発見できる可能性もあることから、本手引きでは、このような取組を推奨しています。

また、カビ臭や淡水赤潮等が発生した際には、水道事業者では活性炭投入によるカビ臭除去やろ過障害への対応が必要になるため、発生する兆候が見られた時、あるいは発生後速やかに状況連絡をすることで、水道事業者の対応がスムーズに行われる可能性があります。また、上流ダムからの濁水流入の可能性がある場合等には、濁水の発生状況に関して情報共有を行うことで、緊急的な対応が期待できる場合もあります。

7. ダム等管理フォローアップ制度との関係性

Q：水質改善対策の効果発現状況の確認期間は「おおむね3年」となっているが、ダム等管理フォローアップ制度に基づく定期報告書の作成は5年に1回である。両者の関係性はどのように考えればよいのか。

A：ダム等管理フォローアップ制度は、近5か年(前回報告以降5年分)の状況報告等を行うこととしていますので、その期間中に生じた水質変化現象、実施した水質改善対策、対策により得られた効果等を本手引きに沿って整理し、フォローアップ委員会での報告時点までに整理された内容について順次提示することが基本となります。

一方、本手引きは、ダム貯水池の水質改善対策を検討する上で共通するプロセスを抽出・体系化し、その基本となる考え方をとりまとめたものであり、各ダムの置かれた状況に応じて順応的に検討することを念頭に置いています。

このため、水質改善対策の効果発現状況の確認とダム等管理フォローアップ制度に基づく報告の節目は必ずしも一致するわけではありません(下図参照)。

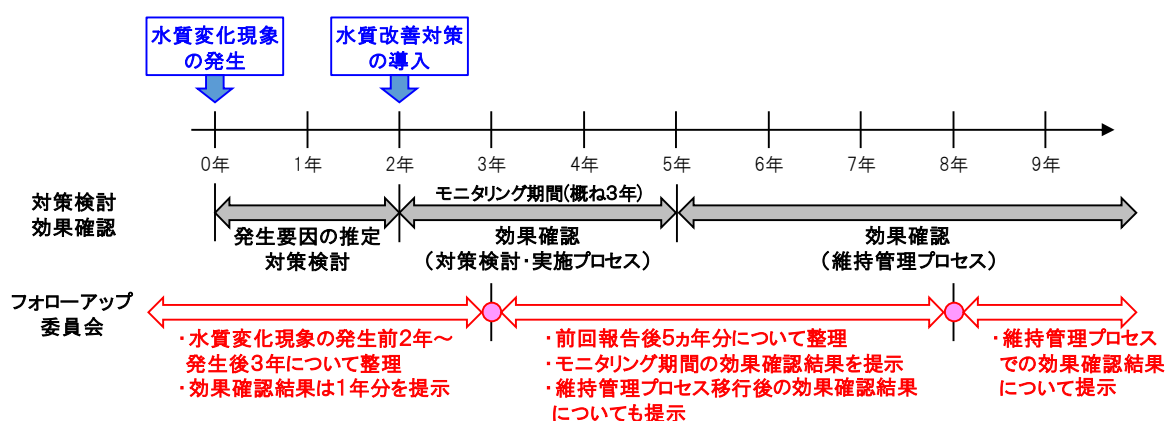


図 水質改善対策に関する取組とフォローアップ委員会との関係

8. ダム管理状況等の情報提供

Q：「ダム貯水池の状況や水質変化現象の発生要因等を取りまとめ、その結果を定期的に公表し、・・・」とあるが、具体的にはどのような方法でどのくらいの頻度で公表すればよいか。

A：各ダムで水質に係る個別委員会等を設置している場合には、委員会等の資料をホームページ等で公表することが考えられます。また、定期的な公表としては、「ダム等フォローアップ委員会」の資料を公表することも考えられます。

9. タスクフォースの活用

Q：「4-2. 本手引きの適用に関する技術的助言」においてタスクフォースによる技術支援の活用について記載されているが、具体的にどのような手続きで活用すればよいか。

A：水質改善対策を検討されるダム管理者が技術支援等を必要とお考えの場合には、本手引き P75 に記載されている窓口にご連絡頂ければ、担当者から調整させていただきますので、気軽にお問合せください。

監修

国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室

国立研究開発法人土木研究所 水環境研究グループ 水質チーム

国立研究開発法人土木研究所 水工研究グループ 水理チーム